



# Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau)

Julien Andrieu

## ► To cite this version:

Julien Andrieu. Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau). Géographie. Université Paris Diderot Paris 7, 2008. Français. NNT : tel-01132321

**HAL Id: tel-01132321**

**<https://theses.hal.science/tel-01132321>**

Submitted on 17 Mar 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution| 4.0 International License



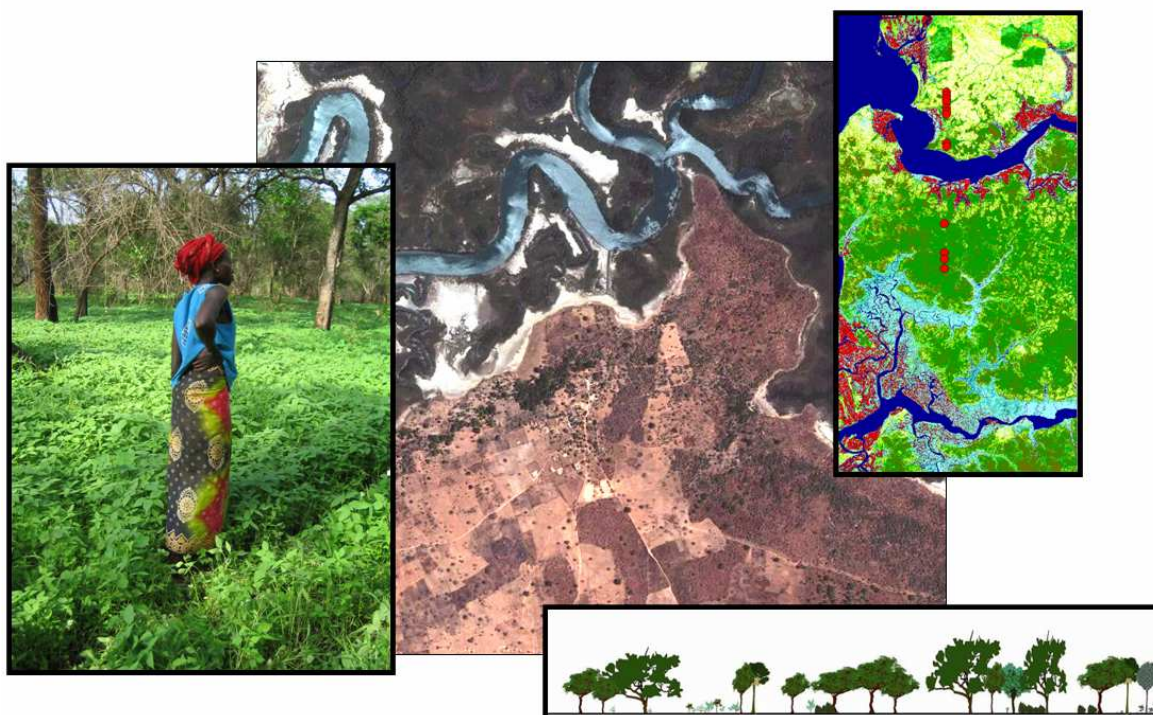
**UNIVERSITE PARIS DIDEROT - Paris 7**  
**ECOLE DOCTORALE : EESC**

**DOCTORAT**  
**Environnement Milieu Techniques et Sociétés**

**Géographie**

**Julien ANDRIEU**

**Dynamique des paysages dans les régions  
septentrionales des Rivières-du-Sud (Sénégal,  
Gambie, Guinée-Bissau)**



**Thèse dirigée par Catherine Mering**  
**(Professeur à l'université Paris Diderot)**

Soutenue le 05/12/2008

**JURY**

Mme Laurence HUBERT-MOY, Rapporteur  
M. Jean-Paul MÉTAILIÉ, Rapporteur  
Mme Marie-Christine CORMIER-SALEM, Examinatrice  
M. Mamadou SOW, Examineur  
M. Michel GODRON, Invité  
Mme Catherine MERING, Directrice  
M. Frédéric ALEXANDRE, Co-Directeur

À la famille Seydí de Toubacouta, aux instituteurs de Diamniadio et à tous les contacts en Afrique, ceux qui m'ont hébergé, nourri, guidé, instruit...

À mes aides précieuses, Clotilde, Julie, Sigríd, Monick, Moune, Pouné...

À mes deux directeurs de recherche dont l'intelligente complémentarité donne foi en l'interdisciplinarité...

À tous ceux qui m'ont fait avancer scientifiquement, qui m'ont aidé administrativement, qui m'ont supporté moralement...

A te...

## INTRODUCTION

Au début des années 2000, la préoccupation pour les ressources halieutiques et pour les mangroves de l'Afrique de l'Ouest a pris une dimension internationale. Cette préoccupation apparaît aussi bien dans les revues à grand public où s'expriment aussi les scientifiques, dans les revues scientifiques et les programmes de recherche, que dans les rapports des organisations nationales et internationales. Ainsi en 2007, la revue *Science* publie-t-elle :

«At a meeting of world mangrove experts held last year in Australia, it was unanimously agreed that we face the prospect of a world deprived of the services offered by mangrove ecosystems, perhaps within the next 100 years. Mangrove forests once covered more than 200,000 km<sup>2</sup> of sheltered tropical and subtropical coastlines. They are disappearing worldwide by 1 to 2% per year.» (Duke *et al.* 2007)

En avril 2005, la revue *Terre Sauvage* publie un article sur les fleuves du Sénégal et la gestion de leurs ressources où il est affirmé que :

«Autrefois, la pêche nourrissait les hommes. Aujourd'hui, la surpêche menace le poisson de l'Afrique de l'Ouest [...] Ces embarcations pénètrent aujourd'hui de plus en plus loin à l'intérieur des terres, sur les fleuves Casamance, Sine et Saloum et dans les multiples chenaux de la mangrove, où les pêcheurs migrants, Sénégalais venus du Nord, Ghanéens et Gambiens, débarquent après avoir pêché tout ce qui pouvait l'être chez eux.»

La création d'une aire marine protégée en 2002 dans le sud du delta du Saloum est ensuite évoquée:

« La mangrove, protégée sur 7200 ha, joue à nouveau particulièrement bien son rôle de frayère et de nursery à poissons».

En octobre 2003, le magazine *Géo* publie un article intitulé «Il faut sauver la mangrove de Guinée», dont l'introduction dresse un tableau particulièrement noir de la situation :

«Déboisement intensif, assèchement rapide: les pressions subies par la mangrove [...] sont catastrophiques [...] 80 % de la mangrove a été sacrifiée».

Cet article développe lui aussi, longuement, l'importance de la conservation des mangroves pour les ressources halieutiques et se termine en considérant que le frein à la disparition des mangroves est «un espoir qui, pour l'instant, ne concerne pas l'Afrique de l'Ouest».

Dans les revues scientifiques, depuis plusieurs années, de nombreux auteurs évoquent ou analysent la dégradation des formations de mangrove (Loyer, 1989 ; Diop, 1990 ; Sadio, 1991; Diaw, 1993; Marius, 1995 ; Monrotroi, 1996; Ba *et al.*, 1999 ; Sow *et al.* 1999; Vasconcelos *et al.*, 2000 ; Dahdou-Guebas et Koedam, 2001; Tappan *et al.*, 2004 etc.). Le rôle de la mangrove dans la gestion des ressources halieutiques est lui aussi discuté (Vidy *et al.* 2000, Diouf, 1996). D'un auteur à l'autre, cependant, le niveau d'alarmisme varie et les considérations sur les causes diffèrent largement. Ainsi à propos d'un même phénomène (bien

que dans deux lieux différents), le dépérissement des mangroves, Marius (1995) se limite à un constat de changement lié à la fluctuation du climat quand il écrit :

«En Casamance, la sécheresse de ces dernières années a considérablement modifié le paysage des mangroves.»

Sadio (1991) ne se contente pas d'un constat de changement mais y voit une dégradation sévère quand il écrit :

«Dans les bassins versants du Sine-Saloum, la dégradation a été sans précédent avec une disparition quasi-totale de la mangrove dans les cours supérieurs des fleuves à cause d'une sursalure et d'hyperacidification des sols [...] dans le seul bassin du Sine-Saloum, environ 230 000 ha ont été endommagés par ces deux facteurs.»

Dans le même temps, le Programme Régional de Conservation de la zone côtière et Marine d'Afrique de l'Ouest (P.R.C.M.) a vu le jour en 2000, mettant en commun des objectifs de la Fédération Internationale pour le Banc d'Arguin (F.I.B.A.), de l'Union Mondiale pour la Nature (U.I.C.N.), du World Wild Fund (W.W.F.), de Wetlands International et de la Commission Sous Régionale des Pêches (C.S.R.P.). Ce programme sous régional de protection affirme que «l'exploitation intensive des ressources de cet écosystème par les populations a atteint aujourd'hui un seuil critique [...] L'exploitation de la mangrove est abusive et peu maîtrisée : utilisation du bois de palétuvier comme bois de chauffe, coupe des branches lors de la cueillette des coquillages sans reboisement ultérieur, emploi de techniques et d'engins de pêche destructeurs, etc.». L'outil de conservation privilégié par le P.R.C.M. est l'aire marine protégée; le P.R.C.M. a pour objectif de les multiplier le long du littoral ouest-africain et d'en harmoniser les règles et les objectifs autant que faire se peut.

Devant ces inquiétudes, une étude sur la dégradation des massifs de mangroves se justifie. Ainsi, «la dégradation des paysages de mangroves en Afrique de l'Ouest» a été la première définition de mon sujet d'étude avec une première approche en DEA sur le Delta du Saloum. Ce delta, le plus septentrional des grands massifs de mangroves, le plus exposé à l'aridification et également fortement soumis à certaines pratiques anthropiques, a été l'une des priorités du P.R.C.M.

Cette étude a produit une carte de l'évolution du couvert végétal par analyse diachronique d'images satellites. Cette cartographie a été combinée à deux séries d'analyses. Une analyse biogéographique<sup>1</sup> de la structure des peuplements de palétuviers a permis de préciser les modes de dépérissement et de régénération. Des enquêtes dans les villages ont permis de dresser un portrait des pratiques forestières. En premier lieu, il est apparu que les sociétés insulaires du Saloum vivent sur la terre ferme<sup>2</sup>, où se localisent les habitations, les cultures et une forte partie des ressources ligneuses et fourragères. Elles dissocient peu ces activités de celles qui ont lieu dans les vasières à mangrove. Les cultures de terre ferme, la

---

<sup>1</sup> Biogéographie est ici entendu au sens de phyto-géographie, géographie de la végétation. Il s'agit d'étudier les structures spatiales de la végétation tant dans sa dimension floristique que physiologique.

<sup>2</sup> J'utiliserai la dichotomie vasières / terre ferme, à la fois simple et évidente mais qui n'est que rarement employée faute d'analyses conjointes des deux ensembles. Les vasières à mangrove sont des espaces du domaine intertidal, régulièrement baignées par la marée et dominées par des dépôts vaseux où se développe la mangrove, et où un certain nombre d'activités peuvent être pratiquées ainsi que la riziculture. Je l'oppose à la terre ferme, domaine supratidal que la marée n'inonde jamais.

pêche, la production de sel et l'exploitation du bois de mangrove, comme celui de la savane<sup>3</sup>, constituent une économie villageoise unique basée sur la complémentarité des milieux. D'autre part, il est apparu que les mangroves du Delta du Saloum sont mieux conservées qu'il n'était attendu. Les analyses de télédétection, validées par les relevés de terrain, ont mesuré que plus de 90% des espaces de mangrove sont demeurés boisés entre 1986 et 2001. Les enquêtes ont certes révélé quelques sites d'exploitation forestière, mais de faible superficie et de gestion durable. Les analyses de peuplement végétal ont montré que le recul des mangroves semble surtout lié à des raisons pédoclimatiques dans les parties septentrionales et en amont du delta. Ce processus est apparu comme ayant précédé les quelques décennies étudiées, lent et partiellement réversible, comme le révèle la régénération qui s'opère dans de nombreux secteurs depuis les années 1990 où de plus forts totaux pluviométriques annuels ont été enregistrés. Par ailleurs, des sites de progression du couvert boisé sur des tannes ou sur des bancs de vase nouvellement installés équilibrent ainsi le bilan entre déboisement et (re)boisement<sup>4</sup>.

Les résultats de ce mémoire de DEA m'ont alors amené à redéfinir sur trois points l'objectif premier de la thèse qui était d'élargir l'étude effectuée dans le Saloum sur la dégradation des mangroves à l'ensemble des Rivières-du-Sud. Il s'est agi d'abord d'examiner si le Saloum, avec sa faible dégradation et l'importance équivalente des progressions et régressions de la mangrove, était véritablement représentatif des régions septentrionales des Rivières-du-Sud. Deuxièmement, il s'agit de mesurer les parts respectives des facteurs climatique et anthropique dans l'évolution des paysages de la frange littorale de l'Afrique de l'Ouest. Enfin, devant la complémentarité des vasières à mangrove et de la terre ferme au sein des systèmes villageois, les deux milieux et l'ensemble des paysages qui les constituent seront étudiés conjointement.

La méthode adoptée en DEA, s'étant avérée efficace et étant reproductible à d'autres objets que la mangrove, sera ici reprise. Elle comporte trois volets:

- **la télédétection** qui constitue un outil incontournable de description de l'occupation du sol par les différentes formations végétales, dans l'espace et dans le temps;
- **les relevés de végétation** pour la collecte de l'information physionomique et floristique, permettant une compréhension des processus et des facteurs du changement;
- **les enquêtes au village** permettant de mesurer le rôle des pratiques et des usages notamment agricoles et forestiers, et les enjeux de développement sous-jacents aux changements dans les paysages agricoles et forestiers.

Dans le contexte de ces régions littorales de l'Afrique de l'Ouest, je souhaite me livrer, sur la base objective des informations collectées, à une analyse critique de ce que l'on appelle la *dégradation des paysages et des milieux*. L'affaire est moins simple que ce que les textes cités au début de cette introduction ne le laissent paraître. Quelques divergences d'interprétation sur la nature des changements qui ont été qualifiés de dégradation apparaissent en effet entre différents auteurs consultés à ce sujet. C'est par exemple le cas dans le cadre des principales synthèses consacrées aux mangroves de l'Afrique de l'Ouest (Cormier-Salem éd., 1994, 1999). Dans ces travaux où une définition étendue est donnée à la

<sup>3</sup> Bien que les termes définissant les différentes formations seront donnés plus tard, il peut s'avérer utile de préciser immédiatement que « savane » est ici entendu au sens large de formation végétale possédant une strate ligneuse arborée et saisonnièrement une strate herbacée continue ou subcontinue (Aubréville, 1957).

<sup>4</sup> Les parenthèses signifient l'addition des phénomènes de boisements nouveaux (conquêtes de bancs de vase) et les reboisements (d'espaces précédemment déboisés).

mangrove incluant l'ensemble du système rural (terroirs villageois) et l'ensemble des écosystèmes (chenaux, vasières, rizières et îles exondées), le mot de dégradation est employé pour désigner deux phénomènes opposés: le déboisement et le reboisement.

Sà (1994)

«La dégradation de la mangrove peut résulter de facteurs naturels (baisse des précipitations, tannification naturelle) ou anthropiques (conversion en terrain rizicole, exploitation forestière, modification du régime hydrique ou sédimentaire, construction de routes).»

Cormier-Salem (1999)

«Ainsi, en Casamance, la dégradation des paysages, n'est pas due à la pression sur les ressources mais au contraire, à l'exode rural et en particulier à la déficience en force de travail »

D'une part, Sà (1994), en prônant une conservation de la nature, affirme que la conversion des mangroves en terrains rizicoles constitue une dégradation des mangroves. D'autre part, Cormier-Salem, (1999) dans un souci de conservation des paysages agraires et des pratiques, estime que l'enfrichement des rizières par les palétuviers à la suite de l'abandon de la riziculture est une dégradation des paysages. Bâ et al. (1999) reprennent ce dernier point de vue en mettant en légende d'une photographie aérienne de rizières en enfrichement: «dégradation des paysages par abandon des rizières profondes» et emploient également le concept de dégradation pour qualifier le dépérissement des mangroves pour raisons climatiques, comme en témoigne la légende d'une photographie de tanne «mangroves dégradées: zones sursalées (tannes vifs)».

Un autre point important de discussion, lui-même hérité d'observations durant le DEA, est sur la complémentarité des milieux et des activités de la mangrove avec ceux de la terre ferme. Or, dans le constat fait par Écoutin *et al.* (1999), l'abandon relatif des activités de la mangrove pour celles de la pêche et de la culture de terre ferme est considéré comme doublement néfaste. D'une part, parce que les ressources halieutiques sont d'ores et déjà considérées comme menacées, d'autre part, parce que les formations forestières de terre ferme sont considérées comme menacées par l'accroissement des activités agricoles et forestières. Les auteurs évoquent, en effet, les défrichements en vue des cultures pluviales et l'extension de nouvelles cultures de rente: maraîchage et anacardier.

«L'avancée de la langue salée en provoquant la perte de terres de culture et le défrichement de nouvelles zones implique un recul du couvert végétal. Les grands arbres gênant les cultures sont systématiquement abattus sans aucune campagne de reboisement de substitution.» Bassel, 1993

Les travaux relatifs aux zones de terre ferme parlent eux aussi de la dégradation des paysages, comme en témoigne l'ouvrage édité par Richard (1990) intitulé «la dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest». Michel (1990) y décrit en Casamance l'augmentation des feux de brousse, des cultures itinérantes sur brûlis et des coupes forestières qui «outre la destruction des ressources par les incendies, [...] ont transformé la flore car ce sont les espèces guinéennes – les plus intéressantes – qui ont disparu au profit des espèces soudaniennes pyroresistantes», hypothèse qu'il faudra vérifier. Ndiaye (1990) décrit, toujours dans cet ouvrage collectif, en forêt classée de Pout (à une trentaine de kilomètres au nord du



delta du Saloum) une élimination des arbres, la disparition d'espèces soudaniennes et guinéennes et la présence plus forte des espèces sahéliennes. Certains auteurs, à propos des terroirs sérères, évoque la dégradation des parcs arborés sous l'action de la transformation des activités agricoles (sarclage) et forestières (élagage, coupe) :

«Il y a une trentaine d'années, le système agraire sereer du Siin au Sénégal était cité comme exemple de gestion rationnelle du milieu, reproductible à long terme et capable de nourrir et de fournir un revenu à une population dense de 50 à 60 habitants au km<sup>2</sup>. Il s'agissait de systèmes agro-pastoraux fixes où les troupeaux bovins demeuraient toute l'année sur le territoire agricole du village. En saison sèche, le finage était abandonné à la vaine pâture et l'on avait recours à l'émondage des arbres fourragers du parc pour compléter l'alimentation des animaux. À la saison des cultures le finage était partagé en soles, dont une laissée en jachère, enclose et réservée au bétail. Les troupeaux bovins jouaient un rôle important dans la reconstitution de la fertilité des différents terroirs» (Garin *et al.*, 1990)

Ainsi, on peut voir que si les travaux centrés sur la mangrove expliquent une partie des dégradations des paysages agricoles et forestiers de terre ferme par l'intérêt croissant des sociétés «de la mangrove» pour la terre ferme, les auteurs plus spécialisés sur les paysages ruraux de terre ferme trouvent dans le climat et les systèmes villageois de terre ferme les raisons des dégradations.

Il en résulte que l'ensemble des paysages agricoles et forestiers, qu'ils appartiennent à la mangrove ou à la terre ferme, sont considérés comme dégradés ou en dégradation, le mot de dégradation étant utilisé quel que soit le type de changement, qu'il s'agisse du défrichement des mangroves pour la riziculture ou de l'enfrichement des rizières par la mangrove, du défrichement de la terre ferme en vue des cultures pluviales ou de l'extension des vergers d'anacardier, signe d'une inquiétude, de la part des auteurs, sur le devenir des régions rurales africaines. On peut alors se demander si le terme de dégradation n'a pas pris la place du terme de «changement». Il est ainsi remarquable que l'ouvrage collectif dirigé par Richard (1990) «La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest» définisse en introduction les mots : paysages, gestion et ressources... mais pas celui de dégradation.

Rappelons ici que la dégradation est *l'action de mettre en mauvais état, de causer un dommage* et surtout, au sens figuré qui lui sera ici préféré, *le passage progressif à un état plus mauvais* (Littré). Dans ce sens, la dégradation suppose un état de référence qui aurait disparu et auquel est attribuée une valeur positive. Pour chaque travail scientifique, ou chaque prise de position politique, de quel état de référence parle-t-on pour les paysages des régions littorales de l'Afrique de l'Ouest? Et surtout, sur quelles bases les valeurs positives de l'état de référence passé et celles négatives du moment présent sont-elles établies?

Dans l'optique des écologues, des acteurs de la conservation de la nature et des revues écologistes, l'état de référence est celui – purement théorique – de «nature» vierge où l'homme n'a pas mis son empreinte. Il est souvent reproché à ces acteurs agissant en Afrique le recours aux barbelés (Brunel, 2005).

Dans les travaux sur les Rivières-du-Sud (Cormier-Salem éd. 1994, Cormier-Salem éd. 1999) ainsi que ceux de géographie rurale (Lericollais 1989, Goujon et al. 1973) l'état de référence n'est jamais clairement énoncé et encore moins discuté. Il apparaît cependant que la

référence à partir de laquelle est estimé le passage progressif à un état plus mauvais est celle d'un état historique. Or, les descriptions des paysages des périodes auxquelles il est fait référence sont, sinon celles des récits d'exploration, celles des ouvrages scientifiques au temps de la colonisation. La prise comme référence des descriptions de la science coloniale effectuée dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle ne va pas sans poser quelques problèmes théoriques que l'on peut évoquer rapidement ici. Si l'on se réfère par exemple aux études des formations végétales, celles-ci prennent pour référence la connaissance qu'on en avait par les premiers relevés comme ceux de Trochain effectués dans les années 1930 (Tappan *et al.*, 2004), et non par les descriptions plus anciennes de Faidherbe ou d'Adanson.

En effet, si nombre d'auteurs prennent comme état de référence le paysage ou la flore décrits par les travaux de la période coloniale, c'est dans le meilleur des cas en s'efforçant d'éliminer le biais apporté par « la science coloniale », c'est-à-dire en faisant abstraction des présupposés idéologiques coloniaux. Plus précisément, c'est par rejet des descriptions des explorateurs et des premiers colons qu'a pris naissance le paradigme africaniste sur la bonne gestion d'un milieu difficile par les sociétés rurales africaines.

Ainsi les descriptions issues des récits d'explorateurs décrivant les mangroves comme des milieux insalubres et inhospitaliers sont discutées et contre argumentées par exemple dans l'ouvrage édité par Cormier-Salem (1999) qui, finalement, en dresse le portrait inverse: celui de paysages agraires résultant d'une admirable maîtrise des ressources offertes par ces milieux de mangrove et corrélativement, d'une société qui, par ses pratiques de riziculture intensive sur les vasières, a mis en place un système rural assurant une sécurité alimentaire. La description des terroirs sèreres ou dans une moindre mesure mandingues par Pélissier (1966), puis par Lericollais (1972), ressort du même paradigme. Il s'agit une fois encore de la mise en évidence d'un système rural relativement intensif, dont résultent des paysages agraires aux valeurs positives puisqu'ils permettent des productions variées, le maintien d'un couvert boisé et la combinaison harmonieuse du troupeau, de l'arbre et des cultures.

Si le constat de ces changements, qu'il s'agisse de l'évolution des systèmes agrosylvo-pastoraux ou des formations végétales sous l'action de nouvelles pratiques et des fluctuations du climat, constitue le cadre dans lequel se développent les questions abordées dans ce mémoire, la discussion sur le terme de dégradation y occupe *in fine* une place centrale. Ainsi, au regard de cette réflexion sur le concept de «dégradation» et ses liaisons avec l'état de référence, il semble nécessaire d'examiner le concept de dynamique des paysages et de la végétation. Le concept de dynamique est assez complexe dans le sens où il inclut la cinématique *ou le changement* et les forces qui le créent. Mettre en évidence une dynamique nécessite une description du changement et une compréhension des facteurs qui en sont à l'origine. Ainsi vis-à-vis du concept de dégradation des paysages, celui de dynamique des paysages offre-t-il un cadre plus neutre, c'est-à-dire plus dégagé d'arrière-plans idéologiques. Premièrement, l'état de référence n'est pas un idéal chargé de valeurs positives mais un état à un instant donné. Deuxièmement, le changement peut être une progradation aussi bien qu'une dégradation, ou qu'un changement qui ne revoie pas implicitement à un changement de valeur. Troisièmement, il faut accompagner la description du changement d'une réflexion sur les facteurs qui le créent.

L'analyse porte ainsi sur la dynamique des paysages sur le littoral ouest-africain visant d'une part la détection des changements sur quelques décennies, d'autre part l'explication de ces changements. Sur cette base on pourra mener une réflexion sur la notion de dégradation.



Ainsi m'appuyant sur les résultats obtenus en DEA et après un retour sur le concept de dégradation, la thèse défendue ici est la suivante : **les paysages du littoral ouest-africain sont, au début des années 2000, peu dégradés, en partie parce que les sociétés utilisent de façon pertinente et depuis assez longtemps la complémentarité des ressources offertes par les deux domaines sur lesquels les sociétés ont établi leur territoire : les vasières et la terre ferme.**

**La première partie** de cette thèse s'attache à présenter la méthode, son articulation avec les références scientifiques et les techniques qui la composent. Le premier chapitre consiste en une présentation des paysages et de leurs principales évolutions récentes qui s'appuie sur la bibliographie. Cette analyse bibliographique des descriptions de dégradation conduit, dans le deuxième chapitre, à une réflexion sur les états de références adoptés pour dresser ces constats et à une présentation de la méthode élaborée pour détecter et évaluer les changements actuellement en œuvre et pour en rechercher les causes dans les processus physiques et sociaux. Les troisième et quatrième chapitres présentent les techniques sur lesquelles s'appuient ces analyses.

**La deuxième partie** présente la dynamique des paysages et de la végétation et permet de discuter les constats de dégradation généralement faits. Le cinquième chapitre vise l'établissement d'un état de référence au début des années 2000, où seront présentés à l'échelle régionale l'état des couvertures boisées, l'occupation du sol par les différentes formations végétales, la répartition des principales espèces ligneuses et le lien entre climat et cycles d'activité chlorophyllienne. Le sixième chapitre présente, à l'échelle régionale toujours, la cinématique du couvert végétal, la détection des changements dans la couverture boisée par la télédétection, et les évolutions des rythmes d'activité chlorophyllienne. Le septième chapitre présente les dynamiques des paysages à l'échelle locale centrées sur cinq finages villageois. Pour aller ensuite vers une dynamique des paysages à l'échelle régionale, ce niveau d'analyse devra être extrapolé, ce qui permettra de débattre de la dégradation des paysages.

<b>Les Régions septentrionales des Rivières-du-Sud : le terrain, la méthode.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Les paysages des régions septentrionales des Rivières-du-Sud.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Les régions septentrionales des Rivières-du-Sud : zone d'étude, biogéographie.....</b>	<b>3</b>
1.1.1. Présentation générale de la zone d'étude.....	3
1.1.1.1. Une zone qui reste à définir.....	3
1.1.1.2. Une définition paysagère des régions septentrionales des Rivières-du-Sud ?.....	5
1.1.1.3. Une définition humaine des régions septentrionales des Rivières-du-Sud ?.....	6
1.1.2. La notion de paysage appliquée aux régions septentrionales des Rivières-du-Sud....	8
1.1.2.1. La géomorphologie et la distinction des paysages de terre ferme et des vasières	9
1.1.2.2. Le climat et la distinction des paysages de terre ferme.....	11
1.1.2.3. L'hydrologie et la distinction des paysages de mangrove.....	13
1.1.3. État de l'art sur la flore et les paysages des régions septentrionales des Rivières-du-Sud.....	15
1.1.3.1. Flore de mangrove et flore de terre ferme.....	15
1.1.3.2. Flore de mangrove et zonation.....	16
1.1.3.3. Sur la terre ferme, la transition sahélo-soudano-guinéenne.....	19
1.1.3.4. Concordance ou discordance de la flore et des paysages .....	23
<b>1.2. Les facteurs passés de changement.....</b>	<b>25</b>
1.2.1. Pour une histoire agricole et forestière des régions septentrionales des Rivières-du-Sud.....	25
1.2.1.1. Intensification et diversification progressive à la période pré-coloniale.....	25
1.2.1.2. Mise en place de la dépendance au marché international : la période coloniale.....	29
1.2.1.3. Indépendance, et ajustement structurel.....	30
1.2.2. Variation spatiale et variabilité temporelle du climat.....	32
1.2.2.1. Le gradient climatique.....	32
1.2.2.2. Rappel du débat sur la fluctuation de la pluviosité.....	35
1.2.2.3. Les Rivières-du-Sud : conformité à la tendance mais disparités régionales.....	37
<b>1.3. Contextes physique et humain et dégradation des paysages.....</b>	<b>41</b>
1.3.1. Facteurs de dégradation des paysages de vasières.....	42
1.3.1.1. La dégradation des paysages de vasières .....	42
1.3.1.2. Facteurs physiques de dégradation des paysages de vasières.....	44
1.3.1.3. Facteurs humains de dégradation des paysages de vasières.....	47
1.3.2. Facteurs physiques et humains de dégradation des paysages de terre ferme.....	48
1.3.2.1. La dégradation des paysages de terre ferme.....	48
1.3.2.2. Facteurs physiques de dégradation des paysages de terre ferme.....	50
1.3.2.3. Facteurs humains de dégradation des paysages de terre ferme .....	55

<b>2. Méthode d'analyse de la dynamique des paysages.....</b>	<b>60</b>
<b>2.1. Attitude de la recherche face aux changements des paysages.....</b>	<b>60</b>
2.1.1. Que retrouve-t-on sous le mot « dégradation » ?.....	60
2.1.1.1. L'époque coloniale : un âge d'or ?.....	60
2.1.1.2. De l'emploi d'un état de référence naturel.....	62
2.1.1.3. Etat de référence et systèmes dynamiques .....	63
2.1.2. Comment est étudiée la dégradation des paysages et de la végétation dans la littérature ?.....	64
2.1.2.1. Des constats de changement s'appuyant sur un dispositif adapté.....	64
2.1.2.2. Quantification et cartographie aux échelles moyennes et petites .....	64
2.1.2.3. Une étude du changement fondée sur l'analyse du couvert végétal.....	65
<b>2.2. Méthode pour une analyse de la dynamique des paysages végétaux.....</b>	<b>67</b>
2.2.1. Une approche avant tout géographique.....	67
2.2.1.1. Spatialiser d'abord... ..	67
2.2.1.2. ...Expliquer ensuite.....	68
2.2.1.3. Echelles spatio-temporelles .....	68
2.2.1.4. Modalité d'établissement d'un bilan.....	70
2.2.2. Une approche interdisciplinaire.....	72
2.2.2.1. Une approche mêlant biogéographie et écologie végétale.....	72
2.2.2.2. La compréhension des changements de paysage s'effectue à l'échelle villageoise.....	74
2.2.2.3. Le concept d'anthroposystème pour la re-construction théorique du système homme-nature.....	75
2.2.3. La méthode, ses étapes.....	76
2.2.3.1. Organigramme.....	77
2.2.3.2. Établir un état actuel des paysages à l'échelle macro-régionale.....	77
2.2.3.3. Analyse de la cinématique des paysages à l'échelle macro-régionale.....	78
2.2.3.4. Analyse de la dynamique des paysages à l'échelle locale.....	79

<b>3. Agencement et cinématique des paysages par télédétection.....</b>	<b>82</b>
<b>3.1. Analyse d'images multispectrales à haute résolution pour la cartographie de l'occupation du sol.....</b>	<b>82</b>
3.1.1. Objectifs et discussion de la technique de traitement d'images.....	82
3.1.1.1. Objectifs et contraintes .....	82
3.1.1.2. Etat de l'art méthodologique sur la cartographie des changements de l'occupation du sol.....	83
3.1.1.3. Une étape de vérification et de correction.....	85
3.1.1.4. Choix des données.....	86
3.1.2. De la nomenclature des paysages à la classification multispectrale.....	88
3.1.2.1. Identification des paysages de terre ferme.....	90
3.1.2.2. Identification des paysages de mangrove.....	103
3.1.2.3. Définition des nomenclatures .....	108
3.1.2.4. Courbes radiométriques et paysages végétaux.....	113
3.1.3. Chaîne de traitements pour la détection des espaces boisés des vasières et de la terre ferme .....	116
3.1.3.1. Pré traitements .....	116
3.1.3.2. Méthodes de classification de l'occupation du sol par les boisements .....	118
3.1.3.3. Vérification et correction de la classification.....	122
3.1.4. Subdivisions des types d'occupation du sol et carte des changements.....	133
3.1.4.1. Subdivisions des types d'occupation du sol.....	133
3.1.4.2. Vérité terrain et correction de la carte.....	134
3.1.4.3. Croisement multidates pour l'analyse diachronique.....	138
<b>3.2. Analyses de synthèses NDVI de satellite à grand champ pour l'étude des rythmes biologiques.....</b>	<b>141</b>
3.2.1. Objectifs, contraintes et choix du matériel.....	141
3.2.1.1. Objectifs.....	141
3.2.1.2. Les données.....	144
3.2.1.3. Intérêts et contraintes .....	145
3.2.2. Analyse de la série temporelle d'images MSG.....	146
3.2.2.1. Traitements.....	146
3.2.2.2. Croisement avec LANDSAT.....	147
3.2.3. Analyse de la série temporelle d'images NOAA.....	147
3.2.3.1. A.C.P.....	147
3.3.1.1. Corrélation avec les données pluviométriques et confrontation avec la carte des changements.....	149

<b>4. Collecte et traitement des données de terrain</b>	151
<b>4.1. Analyse floristico-écologique</b>	151
4.1.1. Réalisation d'un transect en terre ferme	151
4.1.1.1. Echantillonnage	153
4.1.1.2. Relevé floristique	153
4.1.1.3. Descripteurs écologiques	154
4.1.2. Statistiques appliquées aux données floristiques	155
4.1.2.1. Chaîne de traitement	160
4.1.2.2. Analyses multivariées	161
4.1.2.3. Analyses fréquentielles	162
<b>4.2. Analyse sur le terrain des paysages en changement</b>	165
4.2.1. Objectifs et réalisation	166
4.2.1.1. Objectifs	166
4.2.1.2. Limites de la carte concernant la vérité-terrain et redéfinition des objectifs	167
4.2.1.3. La prise en compte de la cinématique de la végétation	168
4.2.2. Techniques du relevé ponctuel de végétation	169
4.2.2.1. Echantillonnage	170
4.2.2.2. Mode de relevé	172
4.2.2.3. Estimation de l'âge des végétaux	174
4.2.3. Analyses rétrospectives de la végétation	174
4.2.3.1. La coupe de végétation	175
4.2.3.2. Indices de changements récents et transformation de la coupe vers les états précédents de la végétation	175
<b>4.3. Les enquêtes, leur confrontation au terrain et les outils d'extrapolation et d'analyses</b>	179
4.3.1. Enquêtes par entretiens	179
4.3.1.1. Portrait d'un village au moyen d'entretiens semi-directifs	179
4.3.1.2. Analyse comparative des discours par lexicométrie	182
4.3.1.3. Observation des pratiques agro-sylvo-pastorales	186
4.3.2. Observations paysagères en relation avec les enquêtes	187
4.3.2.1. Compléments aux enquêtes au sein du finage	187
4.3.2.2. Les coupes de végétation pour passer de la cinématique à la dynamique des paysages	189
4.3.2.3. Les analyses de la mangrove pour l'extrapolation des résultats des enquêtes	190

<b>Des paysages en dégradation ?</b> .....	193
<b>5. État de la végétation à l'échelle macro-régionale, au début des années 2000</b> .....	195
<b>5.1. Structure régionale de l'occupation du sol</b> .....	196
5.1.1. L'occupation du sol par les boisements.....	196
5.1.1.1. Analyse régionale de l'occupation du sol par les boisements.....	196
5.1.1.2. Analyse aux échelles micro-régionales.....	198
5.1.1.3. La fragmentation des boisements.....	204
5.1.2. Structure de l'occupation du sol en terre ferme.....	208
5.1.2.1. Agencement macro-régional.....	208
5.1.2.2. Portraits micro-régionaux.....	216
5.1.3. Structure de l'occupation du sol en vasières.....	221
5.1.3.1. Vue d'ensemble.....	223
5.1.3.2. Analyses régionales.....	223
<b>5.2. La flore, le gradient climatique et la mosaïque paysagère</b> .....	233
5.2.1. Approche globale, synécologique.....	234
5.2.1.1. Analyses factorielles.....	234
5.2.1.2. Un continuum floristique à l'échelle régionale.....	238
5.2.1.3. Irrégularités et accélérations du continuum.....	242
5.2.2. Approche analytique, auto-écologique.....	247
5.2.2.1. Le facteur climatique.....	248
5.2.2.2. Le facteur topographique.....	251
5.2.2.3. Le facteur paysager.....	253
<b>5.3. Les rythmes biologiques : clé de compréhension de la liaison entre le climat et les paysages</b> .....	256
5.3.1. Variation annuelle du NDVI et rythmes climatiques.....	256
5.3.1.1. Les étapes clés de la saison d'activité végétale.....	257
5.3.1.2. Modalités de réponse du NDVI à la pluie.....	258
5.3.1.3. NDVI MSG et la détection des rythmes bioclimatiques.....	260
5.3.2. Croisement de la carte des bioclimats et de la carte des formations végétales.....	264
5.3.2.1. Analyse de la carte à l'échelle macro-régionale.....	264
5.3.2.2. Lecture micro-régionale des secteurs de transition.....	265

<b>6. De la cinématique de l'occupation du sol à celle des paysages .....</b>	<b>273</b>
<b>6.1. Cinématiques de la végétation : aspects phénologiques et floristiques .....</b>	<b>273</b>
6.1.1. La liaison entre l'activité végétale et la pluviosité dans l'espace et dans le temps...274	
6.1.1.1. Analyses spatio-temporelles de la fluctuation du NDVI.....274	
6.1.1.2. Calcul des corrélations .....	284
6.1.2. Cinématique de la flore.....287	
6.1.2.1. Les fluctuations du climat et la modification de la flore de terre ferme.....287	
6.1.2.2. Le genre <i>Rhizophora sp.</i> et les fluctuations de la salinité.....292	
6.1.2.3. <i>Avicennia africana</i> et les fluctuations de la salinité.....298	
<b>6.2. Cartes et quantification des changements.....303</b>	
6.2.1. Cinématique de la couverture boisée à l'échelle macro-régionale.....303	
6.2.1.1. Analyse des cartes d'occupation du sol antérieures.....303	
6.2.1.2. Localisation des changements.....304	
6.2.1.3. Quantification des changements.....308	
6.2.1.4. Vue d'ensemble des régions.....312	
6.2.2. Cinématique de la couverture boisée à l'échelle micro-régionale.....312	
6.2.2.1. La cinématique de la couverture boisée dans le Saloum.....313	
6.2.2.2. La cinématique de la couverture boisée dans la Western-Division.....316	
6.2.2.3. La cinématique de la couverture boisée en Basse-Casamance.....320	
6.2.2.4. La cinématique de la couverture boisée dans le Nord bissau-guinéen.....323	
<b>6.3. Identification des principales cinématiques des paysages.....326</b>	
6.3.1. Identification des principales cinématiques en vasières.....327	
6.3.1.1. Stabilité.....327	
6.3.1.2. Régression.....334	
6.3.1.3. Progression.....339	
6.3.2. Identification des principales cinématiques en terre ferme.....335	
6.3.2.1. Stabilité.....335	
6.3.2.2. Régression.....347	
6.3.2.3. Progression.....349	

<b>7. Dynamique des paysages l'échelle des villages.....</b>	<b>353</b>
<b>7.1. Diamniadio (îles du Gandoul, Saloum, Sénégal).....</b>	<b>354</b>
7.1.1. Agencement des paysages à Diamniadio.....	354
7.1.1.1. Les éléments de paysage des vasières.....	357
7.1.1.2. Les éléments de paysage de terre ferme.....	357
7.1.1.3. Les paysages de Diamniadio.....	361
7.1.2. Répartition et évolution des pratiques à Diamniadio.....	362
7.1.2.1. Portrait des activités de Diamniadio.....	363
7.1.2.2. Évolution du système rural.....	364
7.1.3. Processus de changement à Diamniadio.....	366
7.1.3.1. Changements de l'occupation du sol à Diamniadio.....	366
7.1.3.2. Recul de la mangrove à Diamniadio.....	368
7.1.3.3. Progression du boisement sur terre ferme à Diamniadio.....	372
<b>7.2. Bani (Bas-Saloum continental, Sénégal).....</b>	<b>376</b>
7.2.1. Agencement des paysages à Bani.....	377
7.2.1.1. Les éléments de paysage des vasières.....	377
7.2.1.2. Les éléments de paysage de la terre ferme.....	379
7.2.1.3. Les paysages de Bani.....	383
7.2.2. Évolution des pratiques à Bani.....	385
7.2.2.1. Portrait des activités de Bani.....	385
7.2.2.2. Evolution du système rural.....	390
7.2.3. Dynamique du paysage à Bani.....	392
7.2.3.1. Changements dans l'occupation du sol à Bani.....	394
7.2.3.2. La forêt classée : régression de la végétation ligneuse.....	394
7.2.3.3. La mangrove : exploitation inadaptée et pâturage.....	397
7.2.3.4. Zones agricoles : disparition progressive du caractère agroforestier.....	399
<b>7.3. Brefet (Fogny, Western-Division, Gambie).....</b>	<b>405</b>
7.3.1. Agencement des paysages à Brefet.....	405
7.3.1.1. Les éléments de paysage des vasières.....	405
7.3.1.2. Les éléments de paysage de terre ferme.....	413
7.3.1.3. Les paysages de Brefet .....	413
7.3.2. Évolution des pratiques à Brefet.....	415
7.3.2.1. Portrait des activités de Brefet.....	416
7.3.2.2. Evolution du système rural.....	419
7.3.3. Mise en évidence des processus de changement à Brefet.....	420
7.3.3.1. Changements de l'occupation du sol à Brefet.....	420
7.3.3.2. L'accroissement des rizières.....	422



7.3.3.3. Restructuration du terroir agricole de terre ferme.....	422
7.3.3.4. Densification de la forêt communautaire.....	425
<b>7.4. Kamobeul (Kassa, Basse-Casamance, Sénégal).....</b>	<b>429</b>
7.4.1. Agencement des paysages à Kamobeul.....	429
7.4.1.1. Éléments de paysages des vasières .....	429
7.4.1.2. Éléments de paysages de la terre ferme .....	429
7.4.1.3. Les paysages à Kamobeul.....	437
7.4.2. Évolution des pratiques à Kamobeul.....	439
7.4.2.1. Portrait des activités de Kamobeul.....	439
7.4.2.2. Évolution du système rural.....	441
7.4.3. Mise en évidence des processus de changement à Kamobeul.....	443
7.4.3.1. Changements de l'occupation du sol à Kamobeul.....	443
7.4.3.2. Régression de la mangrove.....	445
7.4.3.3. L'enfrichement des rizières hautes.....	447
7.4.3.4. Agroforêt itinérante.....	450
<b>7.5. Apilho (Secteur frontalier, Nord bissau-guinéen).....</b>	<b>452</b>
7.5.1. L'agencement des paysages à Apilho.....	452
7.5.1.1. Éléments de paysages des vasières.....	452
7.5.1.2. Éléments de paysages de la terre ferme.....	458
7.5.1.3. Les paysages d'Apilho.....	458
7.5.2. Activités à Apilho.....	460
7.5.2.1. Portrait des activités d'Apilho.....	461
7.5.2.2. Evolution du système rural.....	461
7.5.2.3. Changements de l'occupation du sol à Apilho.....	465
7.5.2.4. Enfrichement des rizières de mangrove.....	467
7.5.2.5. Agroforêt en conversion en vergers d'anacardiens.....	467
<b>7.6. De la dégradation de l'élément de paysage à la dégradation de la structure régionale des paysages.....</b>	<b>475</b>
7.6.1. Comparaison des finages, et de leurs évolutions .....	475
7.6.1.1. Comparaison des pratiques par lexicométrie.....	475
7.6.1.2. Comparaison des discours sur les changements.....	478
7.6.1.3. Comparaison des villages sur l'appréciation globale des enquêtes .....	480
7.6.2. Pour une extrapolation des résultats d'enquêtes.....	482
7.6.2.1. Les cinq cas d'études et leur entourage.....	482
7.6.2.2. Proposition de technique d'extrapolation directe.....	489

## PREMIERE PARTIE

### Les Régions septentrionales des Rivières-du-Sud : le terrain, la méthode

Cette première partie a pour objet de situer ce travail par rapport aux recherches passées et actuelles sur le thème. Après une présentation de la zone d'étude, de sa végétation, des facteurs de dégradation et des causes de celle-ci à travers la bibliographie (**chapitre 1**) le point de vue méthodologique sera abordé avec une présentation critique de la bibliographie qui servira à la définition d'une méthode (**chapitre 2**). Cette méthode est une combinaison de nombreuses techniques que l'on a considérées comme pertinentes au regard du problème posé sans l'asservir au seul cas étudié, ceci afin de mettre en évidence leur caractère reproductible et généralisable. Pour cela, elles seront présentées en deux temps : les techniques géomatiques (la télédétection, les statistiques spatiales, les systèmes d'information géographique) (**chapitre 3**) et les techniques de terrain (les études de la végétation ou les enquêtes auprès des habitants) (**chapitre 4**).

#### 1. Les paysages des régions septentrionales des Rivières-du-Sud, leur évolution

Nous cherchons dans ce mémoire à débattre de la «dégradation des paysages» sur le littoral ouest-africain, en supposant que celle-ci a pu être surévaluée, exagérée par un certain nombre de préjugés et de lacunes. Pour cela il s'agit dans ce chapitre de commencer par faire le point sur les connaissances et les lacunes sur les paysages et les changements qu'ils ont connus.

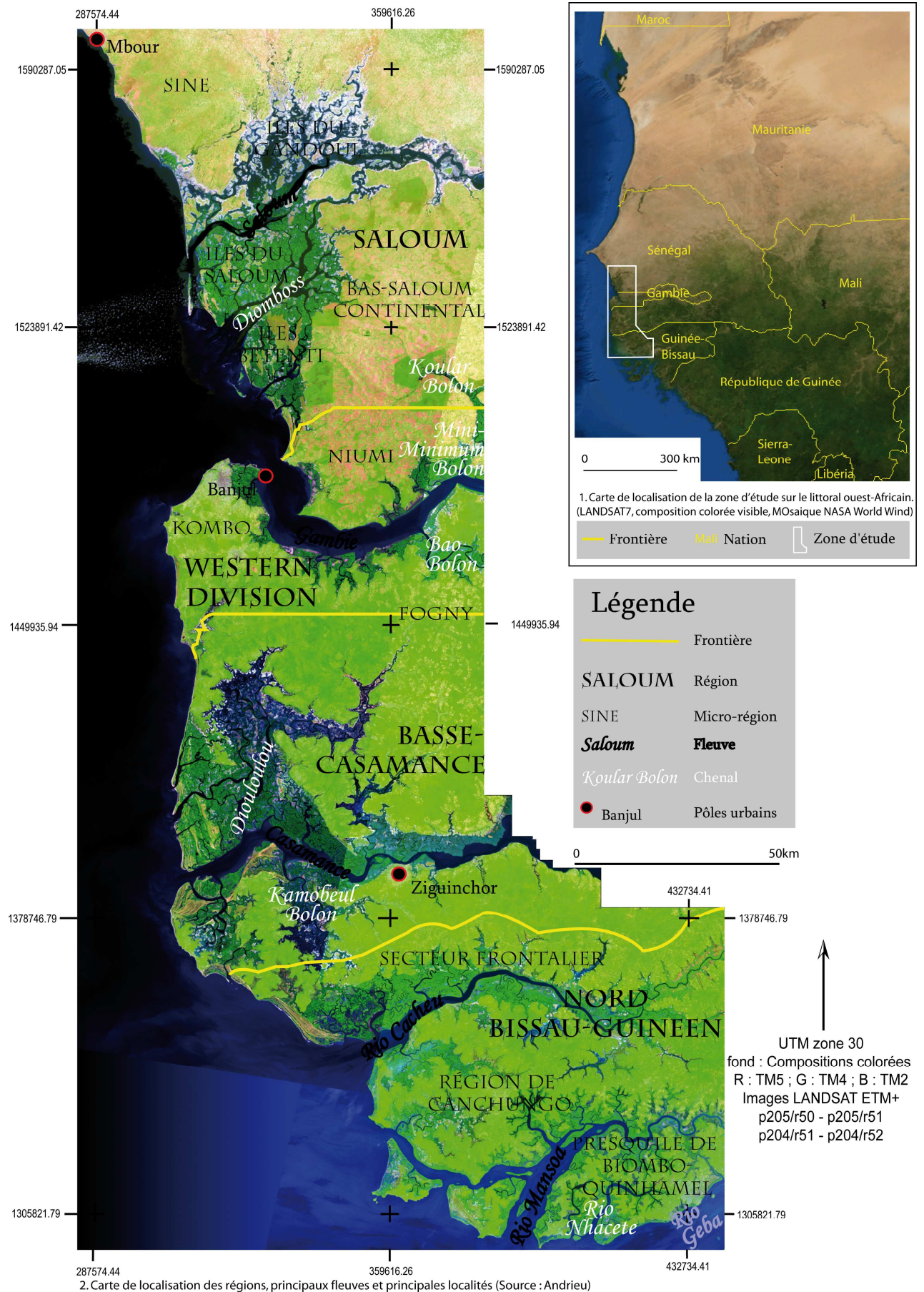


Figure 1 : Carte de la zone d'étude

Dans ce sens nous examinerons les connaissances acquises sur les paysages (1.1), les facteurs passés (1.2) et les contextes physiques et humains dans lesquels se développent les phénomènes de dégradation (1.3).

## 1.1. Les régions septentrionales des Rivières-du-Sud : zone d'étude, biogéographie

Nous présenterons dans un premier temps la zone d'étude (figure 1), son intérêt, ses principales caractéristiques écologiques et sociales, et en discuterons les limites (1.1.1). Ensuite, nous pourrons présenter l'état de l'art sur les paysages (1.1.2) et sur leur contenu floristique (1.1.3). Il s'agit en effet d'un pari, qui est ici effectué, d'examiner les deux dimensions de la végétation, paysagère et floristique, selon l'hypothèse que la cinématique de la végétation (abordée espèce par espèce) est le principal processus de la dynamique du paysage, plus ou moins modifié par des agents extérieurs.

### 1.1.1. Présentation générale de la zone d'étude

En géographie, l'espace étudié importe autant, si ce n'est plus, que l'objet étudié. Nous allons donc commencer par présenter les régions septentrionales des Rivières-du-Sud. Premièrement nous en justifierons le choix (1.1.1.1), puis les limites physiques (1.1.1.2) et humaines (1.1.1.3).

#### 1.1.1.1. Une zone qui reste à définir

##### *Les régions septentrionales des Rivières-du-Sud*

Le premier critère de choix de la zone d'étude est le projet, formulé entre la fin de notre DEA et le début de la thèse, de généraliser, au niveau des régions voisines, un certain nombre de résultats qui avaient été mis en évidence à propos du delta du Saloum (Sénégal). Si l'on s'en tient à la littérature, cette frange littorale, se divise en deux unités : le Sahel Maritime et les Rivières-du-Sud. Le Delta du Saloum, inclus dans les Rivières-du-Sud en est la limite avec le Sahel Maritime.

**Le Sahel Maritime**, allant du Banc d'Arguin en Mauritanie à la Petite Côte sénégalaise, se caractérise par des côtes sableuses et des activités portuaires importantes : pêche et commerce maritime. C'est une région où l'activité de pêche est importante car elle bénéficie du phénomène de l'upwelling qui, par une remontée d'eaux froides très chargées en nutriment, attire d'importantes populations de poissons près des côtes et offre ainsi des ressources halieutiques assez aisément accessibles. Le littoral sur une bande très étroite est donc constitué de villages de pêcheurs. Plus en arrière, les systèmes agricoles sont basés sur l'alternance mil – arachide. Les sociétés, dominées par des ethnies hiérarchisées, sont fortement islamisées. **Les Rivières-du-Sud**<sup>1</sup>, qui vont du Delta du Saloum à la Sierra Leone, se caractérisent en revanche par un tissu quasi continu de mangrove et par des sociétés non hiérarchisées présentant une forte diversité religieuse. Les mangroves et les rizières de ces régions ont fait notamment l'objet de nombreux ouvrages parmi lesquels deux ouvrages collectifs (Cormier-Salem, 1999 ; Cormier-Salem 1994) constituent un apport considérable sur lequel il s'agit de s'appuyer. Les territoires y sont centrés sur le domaine de la mangrove: chenaux de marée, forêts de mangrove et rizières de mangrove. Les Rivières-du-Sud connaissent un certain nombre de particularités assez marquées par rapport au reste de l'Afrique de l'Ouest. Par exemple, quand les auteurs d'ouvrages sur l'Afrique contemporaine affirment que l'agriculture africaine n'est pas intensive, ils sont obligés de préciser qu'il existe malgré tout, quelques noyaux d'agriculture traditionnellement intensive. Les Rivières-du-Sud font partie de ces noyaux (Brunel, 2004, Bart, 2004). Ils sont également

---

<sup>1</sup> Les « Rivières-du-Sud », nom de cette portion du littoral donné depuis les français à Saint Louis (les anglais, depuis le sud lui ont donné le nom de Northern Rivers), ont été clairement définies spatialement et amplement décrites comme une région bien distinctes par un grand nombre de géographes depuis Pélissier (1966) à Cormier-Salem (1999).



obligés de reconnaître que si, généralement, les sociétés africaines ne sont pas tournées vers l'eau et les systèmes complexes de gestion de l'eau, les Rivières-du-Sud constituent une exception à cette règle.

Ainsi, au sein du littoral ouest-africain, le delta du Saloum est dans une situation de charnière. Plus au nord, au niveau du Sahel Maritime, on retrouve de grandes portions de littoral sableux ponctuées de quelques vasières à mangrove (Delta du fleuve Sénégal, Banc d'Arguin). Plus au Sud, s'étendent les Rivières-du-Sud (Cormier-Salem, 1999), succession de deltas et d'estuaires occupés par les forêts de mangrove. C'est aussi dans ces régions que se situe la transition entre les deux grands systèmes agraires (CIRAD, 2003) : les systèmes céréaliers de la zone sahélienne et les systèmes agraires de la zone forestière. L'arrière pays du Saloum et la Gambie sont des espaces de production de céréales sur des parcelles cultivées en permanence ou en alternance avec des jachères assez courtes (Sidibé, 2005 ; Péliissier, 1966). Le Nord bissau-guinéen, est une région de culture sur défriche brûlis itinérante (Vasconcelos *et al.*, 2000 ; Fazendeiro-Catarino, 2004). Cette distinction se retrouve aussi chez Brooks (1993 ; In Cormier-Salem, 1999) qui insiste de la discontinuité paysagère et sociale au niveau de la Gambie, opposant les « pays au nord de la Gambie » à ceux au sud, en se basant sur les limites entre savane et forêt, entre culture du mil et culture du riz, entre élevage de zébus et élevage de Ndama, enfin entre sociétés stratifiées et sociétés égalitaires. Cormier-Salem (1999) en débat, insistant sur le fait que le delta du Saloum, bien que possédant un certain nombre de points communs avec le Sahel Maritime, présente en effet surtout des points communs et des processus de complémentarités avec les Rivières-du-Sud et peut y être intégré. Ainsi, plutôt que de développer une approche comparative du Delta du Saloum avec les deux vasières plus au nord, le choix a été ici fait de prendre en compte le Delta du Saloum dans son cadre régional plus méridional, les Rivières-du-Sud.

Cependant, l'une des hypothèses vérifiées dans le Delta et que nous cherchons à généraliser ici est que les fluctuations du climat, et notamment la période de sécheresse des années 1970 et 1980 (cf. 1.2.3), jouent un rôle déterminant dans les changements paysagers. Or, devant l'importance du gradient<sup>2</sup> pluviométrique latitudinal qui traverse les Rivières-du-Sud, seule une partie de ces régions, la moins arrosée, se révélait intéressante. Par ailleurs, Bertrand (1999) met en évidence la distinction de deux ensembles au sein des Rivières-du-Sud dont les « régions septentrionales » sont bien caractérisées par un profil climatique particulier et surtout par des dynamiques rurales et des paysages différents de ceux des régions méridionales. C'est donc dans le cadre des régions septentrionales des Rivières-du-Sud, c'est-à-dire celui des deltas les plus arides des Rivières-du-Sud, que l'on a décidé de débattre de la question de la dégradation des paysages. Il reste cependant à définir cette zone avec plus de précision.

### *La dichotomie entre vasières et terre ferme*

Une particularité de la zone d'étude est l'emprise spatiale considérable des mangroves et des rizières inondées sur vasière. Cette dernière est une forme particulière de construction des paysages, considérée comme l'une des caractéristiques qui fondent l'unité des Rivières-du-Sud (Cormier-Salem, 1999). Il s'agit d'espaces aménagés en digues, diguettes et parfois sillons, selon des structures propres aux groupes qui les ont façonnées (Écoutin *et al.* 1999). Ainsi les rizières gambiennes sur fond plat retourné avec la daba<sup>3</sup> se distinguent aisément des rizières sur sillons confectionnés avec le kadyendou<sup>4</sup> de Casamance. Ces paysages construits par les sociétés humaines prennent la place d'espaces boisés de mangrove ou de vasières naturellement dénudées. Ils sont non ou très peu boisés, avec une présence éventuelle d'arbustes et d'arbres sur les digues, essentiellement des ARECACÆS : le Rônier (*Borassus aethiopium ssp. flabellifer*) ou le Palmier à huile (*Elais guineensis*). En plus de leur fonction rizicole, ces espaces ont une fonction halieutique et pastorale. En effet, en saison sèche, entre la récolte et la préparation des casiers pour la future culture, ces espaces servent de pâturage où les troupeaux sont laissés en libre

---

<sup>2</sup> Gradient est ici entendu au sens de variation continue d'un paramètre quantitatif, pour les paramètres qualitatifs, lui sera préféré le mot continuum.

<sup>3</sup> La daba est un instrument aratoire utilisé chez les Sérères et les Mandingues, il s'agit d'un court bâton avec au bout une lame de métal incurvée servant à retourner la terre.

<sup>4</sup> Le kadyendou est un instrument aratoire typique des peuples des Rivières-du-Sud. Il s'agit d'un très long manche de bois au bout duquel se trouve une pelle anciennement en bois puis en métal. Cet outil est utilisé par les peuples riziculteurs pour construire dans les terrains vaseux digues, diguettes, chenaux et sillons constituant les rizières de mangrove.

circulation. Cette pratique a le double avantage d'offrir des pâtures aux troupeaux à la saison sèche et de permettre une amélioration des sols par la fumure.

Si les régions septentrionales des Rivières-du-Sud sont, par ces critères aisément définissables, une exigence de la définition du sujet intervient *via* le projet d'examen de l'ensemble des terroirs composant les finages villageois littoraux. En effet, outre les villages amphibiens des îles du delta de la Casamance<sup>5</sup>, tous les villages utilisent conjointement les espaces et les ressources des vasières et de la terre ferme. Il s'agit donc d'étudier conjointement et de façon systémique les espaces des vasières et ceux de terre ferme. Il convient donc de définir une « largeur » vers l'intérieur des terres de la zone d'étude, ou pour dire les choses autrement de définir la largeur du littoral ici pris en compte.

### 1.1.1.2. Une définition paysagère des régions septentrionales des Rivières-du-Sud ?

Dans le double cadre de la dichotomie entre vasière et terre ferme et du gradient climatique, peut-on identifier les régions septentrionales des Rivières-du-Sud en fonction de l'assemblage particulier des paysages que l'on y retrouve ?

#### *Limite nord de la zone d'étude.*

Concernant les mangroves, le Delta du Saloum constitue le plus septentrional des grands massifs forestiers de mangrove en Afrique de l'Ouest. Le delta du fleuve Sénégal et le banc d'Arguin ne sont constitués que de mangroves de faibles superficies, principalement ouvertes et buissonnantes (Cormier-Salem, 1999, Marius, 1985).

Concernant la terre ferme, Pélissier (1966) et Tappan *et al.* (2004) incluent le Saloum, ses îles et son arrière pays dans les régions du Sénégal sous climat soudanien, les régions plus au Nord appartenant au Sine selon des critères tant physiologiques et floristiques qu'agaires et sociaux. D'un point de vue biogéographique, le Soudan tel que défini par Pélissier (1966) est caractérisé par de vastes étendues de savanes forestières, en équilibre avec des feux de brousses annuels mais pouvant se dégrader si le rythme des feux augmente.

#### *Limite sud de la zone d'étude.*

Concernant les forêts de mangrove, si un gradient de productivité lié à la pluviosité existe entre le Nord (tout particulièrement la Casamance et le Saloum) et le Sud (tout particulièrement la Guinée), il est difficile de justifier une limite au niveau du Rio Gebâ plutôt que plus au nord ou plus au sud. Les arguments pour une telle limite seraient d'une part, que l'on passe, au niveau du Rio Gebâ, du régime fluvial hydrologique tropical humide de transition, au nord, au régime fluvial tropical pur au sud (Barusseau *et al.* 1999) et d'autre part, que l'estuaire du Rio Nhacete serait par ailleurs le plus méridional des estuaires inverses (Diop, 1990), où les fortes salinités expliquent des paysages de mangrove moins luxuriants (cf. 1.2.1.2).

Concernant la terre ferme, Fazendeiro-Catarino (2004), place au Rio Gebâ la limite entre le secteur guinéen septentrional et le secteur guinéen méridional. Le secteur méridional connaît, outre les palmeraies mixtes, les forêts littorales ouvertes et les savanes arborées à *Pterocarpus erinaceus* également présentes au nord, un certain nombre de formations qui lui sont propres : des formations de forêt dense, une dominance de forêts ouvertes de *Dialium guineense* et *Malacantha alnifolia*, des forêts ouvertes à *Spondias monbin*, *Detarium senegalense* et *Dialium guineense*, des savanes arborées à *Daniellia olivieri* et des savanes arborées à *Elæis guineensis* et *Borassus flabellifer*. Les Bijagos se distinguent du secteur septentrional par

---

<sup>5</sup> Un cas très particulier de village n'existe qu'en Casamance. Certains villages y occupent une île intertidale endiguée. Ces villages entièrement localisés sur les vasières sont voués à la riziculture et aux autres exploitations des ressources des vasières. Ils constituent un cas exceptionnel dont on tiendra compte dans les analyses régionales mais qui ne sera pas étudié en soi.

la rareté des forêts ouvertes littorales à *Elæis guineensis*, et de celles à *Dialium guineense* ainsi que par l'absence de savanes arborées à *Pterocarpus erinaceus*. En revanche, s'y trouvent plus fréquemment que dans les autres secteurs les savanes arborées à *Daniellia olivieri*, *Elæis guineensis* et *Lophira lanceolata*. Par conséquent, il ne s'agit pas, là non plus, d'une limite très tranchée de ce point de vue paysager.

#### *Limite est de la zone d'étude.*

Concernant les mangroves, la limite orientale de la zone d'étude ne pose pas vraiment de problème : cette limite est à la fois connue et facilement définie, bien que très variable en extension vers l'amont d'un estuaire à l'autre. Le Saloum n'est occupé par des mangroves que dans son delta, sur une trentaine de kilomètres alors que la Gambie est bordée de mangroves sur près de 200 km. Cependant, les terroirs de terre ferme bordant ces mangroves étant un des objets de la thèse, il est nécessaire de prendre en compte un espace plus large que la simple extension spatiale des mangroves.

Concernant la terre ferme, d'un point de vue strictement paysager, une limite intéressante à discuter serait celle de l'influence hydrique et pédologique des bas fonds à mangrove sur les paysages de terre ferme, phénomène couramment évoqué pour les forêts galeries. L'hypothèse développée par Aubréville (1950) et Trochain (1940) est que de larges zones du littoral des Rivières-du-Sud bénéficient de conditions hydriques et pédologiques comparables à celles des forêts galeries, ce qui pourrait correspondre à ce que White (1986) appelle la plaine côtière de Basse-Casamance.

### 1.1.1.3. Une définition humaine des régions septentrionales des Rivières-du-Sud ?

En tenant compte de la transition des systèmes agraires de terre ferme entre le Nord et le Sud et de la particularité des Rivières-du-Sud et de ses activités rizicoles, est-il possible d'isoler les Régions septentrionales des Rivières-du-Sud ?

#### *Limite nord de la zone d'étude*

Concernant la limite nord des activités liées à la mangrove, la disparition des grands massifs de mangrove au delà du delta du Saloum correspond à la limite d'un ensemble de pratiques qui y sont inféodées. L'exploitation du bois de mangrove et la cueillette des huîtres de mangrove (*Crassostrea gasar*) en sont les principales. La limite possède donc bien une valeur significative pour notre étude. Cependant, la question de la limite est remise en cause par une autre limite située plus au sud, celle de la riziculture de mangrove, présente en Gambie et plus au Sud, mais absente du Saloum. A l'instar de Cormier-Salem (1999), le delta du Saloum sera considéré comme partie prenante des Rivières-du-Sud en raison de la présence de la mangrove et des activités de foresterie et de pêche propres à la mangrove et en raison de l'intensité et de l'ancienneté des échanges entre les populations de ce delta et celles des autres deltas. Ces échanges sont liés aux missions de pêche particulièrement longues dans le delta du Saloum de par la quasi absence d'activité rizicole, très demandeuse en main d'œuvre sur une assez longue saison. Le Saloum s'intègre donc dans un système dont il est complémentaire par ses particularités physiques et les pratiques qui en résultent et non par la similarité entre ses pratiques et celles du reste de la région (Cormier-Salem éd., 1994 ; 1999).

À propos des activités de la terre ferme, la limite de notre étude pourrait être la limite nord du Soudan comme le définit Pélissier (1966) : de vastes étendues forestières ponctuées de terroirs villageois d'une assez grande diversité. Ce Soudan, se distingue en effet très bien du Pays Sérère dont les terroirs agricoles occupent une large part de l'espace avec des secteurs de culture permanente sous parc à acacias et des zones de cultures itinérantes.

### ***Limite sud de la zone d'étude.***

Concernant les activités de la mangrove, le Rio Geba (Guinée-Bissau) constitue pour les rizières de terre ferme une limite importante, qui est liée à celle de l'aridité ne permettant plus le système traditionnel d'alternance de submersion et de drainage. Au nord de cette zone, les cultures sont limitées aux rizières les mieux inondées et aux années les plus pluvieuses (Écoutin *et al.* 1999) Par ailleurs, la riziculture y diffère également pour des raisons ethniques, historiques et économiques (Mendy, 1994).

Concernant la terre ferme, la région du Nord est la plus peuplée, de 25 à 75 hab/km<sup>2</sup> contre 5 à 25 hab/km<sup>2</sup> dans le Sud (Mendy, 1994), et les paysages agricoles y sont nettement plus nombreux que dans le Sud et dans les Bijagos (Cuq *et al.* 1996).

### ***Limite est de la zone d'étude.***

Concernant les activités de la mangrove, la limite est celle entre mangrove et terre ferme. Elle est légèrement plus floue que celle des paysages dans la mesure où les rizières sont aménagées de la même manière sur la fin des vasières et le début de la terre ferme et ce de façon parfois suffisamment ancienne pour qu'il soit difficile de discerner la limite, si tant est qu'une telle limite ait une réelle signification. Ainsi, il est apparu dans cette étude que l'établissement d'une telle limite n'était pas pertinent car elle aurait coupé la plupart des territoires villageois en deux.

Le principal critère de délimitation vers l'amont et vers l'intérieur des terres de la zone d'étude concerne les activités de terre ferme. Il s'agit de la limite (en terre ferme) des terroirs des villages utilisant la mangrove. Les villages qui jouxtent les vasières utilisent tous la mangrove, ceux qui en sont proches (quelques kilomètres) l'utilisent ponctuellement. Cette limite reste floue en ce qu'elle ne sera pas tracée sur les cartes, il s'agit d'une limite thématique, utilisée sur le terrain pour définir les villages enquêtés et les espaces étudiés pour les pratiques.

Le choix de la limite nord de la zone d'étude ne semble guère poser de problème avec, rappelons-le, la limite nord des massifs forestiers à mangrove et, dans une moindre mesure, des savanes forestières qui coïncident avec la limite entre les zones agraires soudanaises et celles du Pays Sérère (Pélissier, 1966).

La limite sud, si elle apparaissait quelque peu artificielle d'un point de vue biogéographique, prend plus de consistance par la dichotomie entre le Nord bissau-guinéen (et au delà) où la terre ferme est assez largement aménagée pour l'agriculture et où la riziculture de mangrove est fortement limitée par l'aridité et la moitié sud des Rivières-du-Sud, à la riziculture de climat guinéen et aux activités forestières (noix de cola). Notons que la limite a été « renforcée » par la succession d'années sèches qui ont poussé à l'abandon d'un certain nombre de rizières, d'autant que le contexte politique particulier à la Guinée-Bissau a conduit à « récompenser » les riziculteurs balantes en les aidant à s'installer dans la partie méridionale du pays.

La limite est de la zone d'étude sera fixée de façon arbitraire à une cinquantaine de kilomètres à l'intérieur des terres pour rendre plus pertinents les travaux de télédétection et les relevés de végétation en terre ferme. Par ailleurs, en ce qui concerne les enquêtes aux villages, c'est la définition la plus stricte qui sera retenue, celle des villages dont le finage inclut des vasières.

### **Présentation générale de la zone d'étude (1.1.1)**

Les régions septentrionales des Rivières-du-Sud, la moitié aride d'une succession de deltas et d'estuaires à mangrove sont caractérisées par leurs points communs avec le Sahel maritime. Ces caractéristiques les rendent complémentaires avec les autres régions. On distingue quatre régions du delta du Saloum au nord bissau-guinéen, étant de plus en plus ressemblantes aux régions méridionales des Rivières-du-Sud, ce qui rend la limite méridionale de la zone d'étude assez peu



tranchée. Vers l'intérieur des terres, différentes échelles de « littoralité » peuvent être prises en compte, celle de la frange de finages littoraux, incluant leurs terroirs de terre ferme sera notre principale définition.

### 1.1.2. La notion de paysage appliquée aux régions septentrionales des Rivières-du-Sud

Il est difficile de ne pas commencer par prendre position sur le terme de paysage. Il est souvent dit que cette notion est polysémique alors que la même définition ressort de tous les dictionnaires : « partie d'une contrée telle qu'elle s'offre à la vue d'un observateur ». Comme tel, le paysage devient, chez beaucoup d'auteurs, un objet dont l'étude ne repose que sur la perception qu'on en a et la représentation qu'on s'en fait. Cette approche se retrouve chez Brunet (les mots de la géographie 1993) ou dans le dictionnaire de biogéographie végétale (Da Lage et Métaillié, 2000) : « entité spatiale surtout perçue au moyen de la vue, interprétée par l'observateur ».

Plus radicalement, Augustin Berque propose de ne parler de paysage que dans les civilisations où le terme fait socialement sens. Ces « civilisations paysagères » sont en nombre très réduit : la Chine, le Japon et l'Occident après le XVI<sup>ème</sup> siècle. Il n'y aurait donc pas de paysages africains... Alain Roger (1997) s'insurge contre tous ceux qui voudraient réduire le paysage aux éléments matériels qui le constituent.

Malgré cela, nous avons choisi de ne pas nous priver du terme de paysage, ne serait-ce que parce qu'il est resté d'usage courant dans la communauté scientifique pour désigner les objets concrets résultant de la disposition des éléments qui couvrent la surface de la terre, à une échelle fine (Wieber 2002). Pour nous, le paysage est « un ensemble de signes caractérisant une unité géographique sur le plan physique ou humain » comme le définit le dictionnaire de George, ou encore un « agencement matériel d'espace naturel et social » comme le définit le dictionnaire de Lévy et Lussault (2003).

Godron et Joly dans le dictionnaire du paysage (2008) lui donnent une définition qui convient à notre approche « un paysage est une portion d'espace naturel ou artificialisé où apparaissent, en structure répétitive, une matrice, des taches et des corridors perceptibles à l'échelle du kilomètre, qui conditionne un fonctionnement caractérisable à l'échelle de la décennie ». Notons que cette définition est particulièrement satisfaisante dans l'optique géographique par la définition d'une échelle, ici l'échelle kilométrique.

Un paysage est un espace de petite taille composé d'un certain nombre d'éléments. Les paysages sont également des éléments spatiaux et écologiques qui constituent une structure aux échelles inférieures. Par exemple, différents paysages agricoles contigus, l'agroforêt dans une trame agricole, les mosaïques de zones cultivées et de jachères, les petits hameaux villageois entourés de jardins, toujours dans une trame agricole... forment aux échelles régionales une grande zone agricole très peu boisée, qui apparaît homogène à l'échelle régionale. La structure des paysages constitue l'occupation des sols aux échelles régionales.

Une question se pose également, celle d'une typologie, voire d'une classification des paysages car dresser un inventaire global et structuré apparaît nécessaire à leur gestion (Godron et Joly, 2008). Ainsi nous jugeons utile de tenter ici de lister les paysages et de les replacer les uns par rapport aux autres en fonction de leurs caractéristiques et de leurs facteurs de genèse. **Peut-on effectuer une typologie des paysages ?** Deux paysages ne sont jamais strictement identiques, de la même façon que deux individus ne le sont jamais. Cependant, si les individus sont tous différents, il reste possible de les regrouper en espèces. La première étape, regrouper les paysages en types, équivalent aux espèces c'est à dire à la ressemblance maximale, est une nécessité. Ainsi, deux paysages de mangrove avec : une rive à très hauts *Rhizophora racemosa*, une forêt dense à *Rhizophora mangle*,

une arrière mangrove<sup>6</sup> à *Avicennia africana* basse et ouverte et une tanne vif constituent bien un même type de paysage. Deux paysages de rive concave avec une rive à *Rhizophora mangle* bas et buissonnants, une arrière-mangrove mixte et un tanne très étendu constituent un autre type de paysage. Il est donc possible de dresser une typologie des paysages. **Peut-on effectuer une classification hiérarchique des paysages ?** L'idée est tentante car le cas du littoral permet au moins une classification hiérarchique indéniable avec la distinction des deux domaines : la terre ferme et les vasières. Sans hiérarchiser de manière stricte les paysages, une tentative de classification hiérarchisée avec souplesse, doit permettre de mettre un peu d'ordre dans la grande variabilité des paysages rencontrés dans la littérature et retrouvés sur le terrain. Il est fait, pour cela, appel aux échelles et aux grands types de facteurs de genèse des paysages. Tous les paysages étudiés sont des paysages tropicaux ce qui pourrait constituer un « ordre ». Ensuite, en son sein, on pourra déceler deux « familles » liées à la géomorphologie littorale par la distinction entre les paysages de vasières et les paysages de terre ferme (1.1.2.1). Enfin, la différenciation de « genres » de paysages pourra être ébauchée au sein de chaque « famille » : les paysages de vasières dépendant du bilan hydrique du système fluvial (1.1.2.2), ceux de la « famille » des paysages de la terre ferme dépendant du gradient climatique (1.1.2.3). Au delà, toute tentative de classification semble peu solide et l'on ira de la distinction de ces quatre genres à celui de type de paysage.

### 1.1.2.1. La géomorphologie et la distinction des paysages de terre ferme et des vasières

La première distinction de paysages végétaux de la frange littorale, est la présence des vasières et des mangroves. Les Rivières-du-Sud, et dans une moindre mesure, le Sahel maritime avec le Delta du fleuve Sénégal et le Banc d'Arguin en Mauritanie font de cette partie du littoral d'Afrique de l'Ouest un littoral à vasières. En effet, une succession de deltas et d'estuaires produisent une quasi-continuité des vasières le long du littoral (Cormier-Salem, 1999).

Dans les secteurs de faible hydrodynamisme, les vasières occupent l'espace intertidal (Marius, 1985, Barusseau *et al.* 1999). Les vasières à mangrove sont présentes dans des vallées et rias creusées au moment de la dernière régression marine qui s'est achevée il y a 5 500 ans B.P avec la transgression dite « nouakchottienne ». La répartition des vasières dépend avant tout de la topographie des estuaires, et de la mise en place de secteurs d'abris au faible hydrodynamisme pendant et depuis la transgression nouakchottienne (Barusseau *et al.* 1999). Les mangroves des Rivières-du-Sud couvrent 11080 km<sup>2</sup> (Guiral *et al.* 1999). Dans les régions septentrionales, deux grands systèmes deltaïques apparaissent, le Saloum et la Casamance dont la plus grande longueur est dans l'axe nord-sud. Ils s'opposent aux trois autres systèmes de fonctionnement plus estuarien : la Gambie, le Rio Cacheu et le Rio Mansoa, dont la couverture de mangrove est discontinue et s'étend le long de l'estuaire suivant un axe est-ouest.

Au-dessus de la ligne des basses mers de vives-eaux, s'étendent les paysages de la famille des vasières qui constituent l'habitat de la mangrove ; on y retrouve les forêts de palétuviers, les tannes et les rizières de mangrove. Ainsi, le premier facteur de la différenciation des paysages est ici la juxtaposition des deux domaines écologiques, intertidal et supratidal, qui constituent dans l'optique d'une classification des paysages, deux familles : les vasières et la terre ferme. La principale différence entre ces deux familles de paysages est la présence de l'eau (figure 2). En arrière de ces secteurs de vasières, dès que la topographie empêche une action directe de la marée, se trouve la terre ferme. Celle-ci s'étend également aux parties hautes et centrales d'un certain nombre d'îles des deltas et des vasières à mangrove. Les paysages de terre ferme sont, quant à eux, caractérisés par des sols sableux et rocheux, des reliefs plus marqués, et par la végétation de savane, les palmeraies et les espaces agricoles champs, jardins.

Si la limite entre paysages de vasière et paysages de terre ferme ne pose pas de réel problème, notons que la cartographie détaillée des vasières et en leur sein des zones boisées en mangrove n'a pas encore été effectuée avec précision sur l'ensemble des Rivières-du-Sud et constitue l'un des apports prévus par cette thèse à la connaissance de la région.

---

<sup>6</sup> Nous nommerons arrière mangrove le dernier étage de la zonation des formations à palétuviers : celle qui précède le tanne.

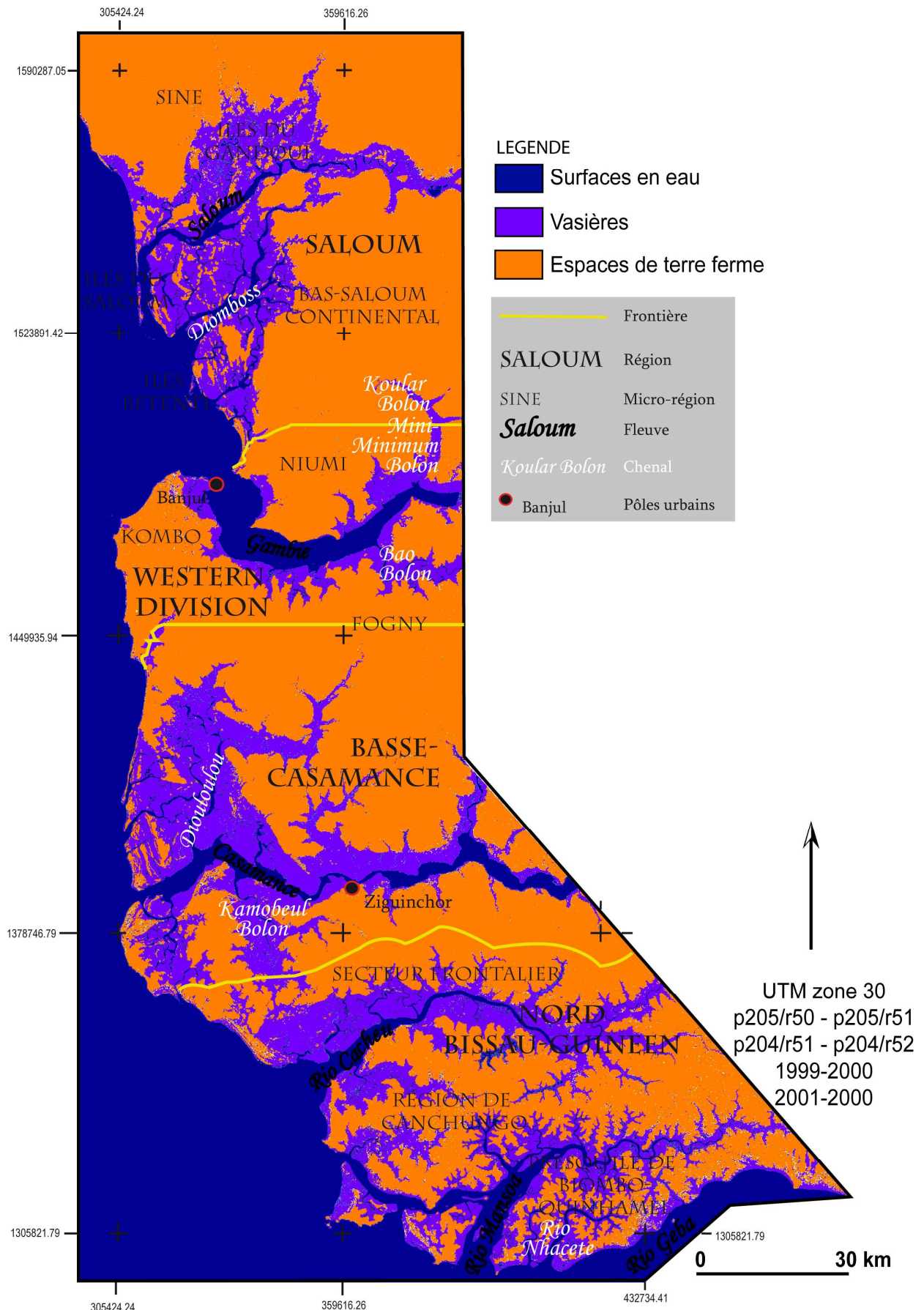


Figure 2 : Carte des vasières et de la terre ferme dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud

### 1.1.2.2. Le climat et la distinction des paysages de terre ferme

Les cartes de la végétation du monde (Elhaï, 1968 ; Huetz de Lemp, 1970) ou d'Afrique (White, 1986) permettent de rappeler que la végétation africaine de terre ferme est organisée selon une série de bandes latitudinales d'organisation assez strictement zonale – au moins en Afrique de l'Ouest. La carte des paysages montre une succession depuis les paysages de forêt tropicale humide aux paysages désertiques analogue à ce que décrivent les autres cartes de la végétation mondiale. Classiquement, cette structure spatiale zonale est directement mise en relation avec la hauteur et le régime des précipitations, présentés comme le facteur organisateur exclusif. Cette articulation avec le facteur pluviométrique n'est remis en cause par aucune des synthèses produites sur tout ou partie de la végétation africaine (Trochain, 1940, Aubréville, 1950, Schnell, 1952) mais elle est, en général, nuancée du fait de l'intervention humaine.

L'Afrique de l'Ouest est concernée par la totalité des grands types de paysages végétaux africains. Toutes les zones se succèdent du sud vers le nord. De plus, c'est la partie de l'Afrique où le schéma est le plus régulier. Les zones se succèdent en bandes parallèles d'allongement est-ouest assez régulières ou certains types de paysages sont assez fréquents ce que l'on pourrait, dans une tentative de classification des paysages, nommer des « genres » : paysages désertiques, semi-désertiques, steppes sahélo-sahariennes, savanes arbustives sahéliennes, savanes soudano-sahéliennes, forêts sèches et savanes boisées soudano-guinéennes, forêt tropicale humide guinéenne.

Le littoral de l'Afrique de l'Ouest est donc parcouru par ces mêmes bandes latitudinales de végétation d'orientation zonale telles que les définissent Aubréville (1950) ou White (1986). Plus précisément, les régions septentrionales des Rivières-du-Sud se situent au sein de ce que White (1986) définit, du point de vue physionomique, comme la zone de mosaïque de forêts ombrophiles et de formations herbeuses secondaires et du point de vue floristique comme la transition guinéo-congolaise/soudanienne. Aubréville (1950) distingue le climat sahélo-sénégalais de cumul entre 500 et 1000 mm et le climat guinéen de Basse-Casamance qui inclut la Gambie, la Basse-Casamance proprement dite et la Guinée-Bissau littorale et dont le cumul pluviométrique annuel est compris entre 1000 et 1750 mm. Il place la limite entre ces deux faciès au niveau de la frontière Sénégal Gambie dans le sud du Saloum. Il attribue les espèces à un climat ou à l'autre, ce qui laisse présager d'une forte rupture dans la végétation de part et d'autre de cette région. Mais Aubréville (1950) ne la décrit pas, ni même ne l'évoque.

Or, concernant les paysages agricoles associés aux paysages forestiers, le Mémento de l'agronome (CIRAD, 2003) les divise, à l'échelle de l'Afrique, en deux ensembles qui semblent bien correspondre à cette subdivision climatique qui passe au sein des régions septentrionales des Rivières-du-Sud : les systèmes céréaliers de la zone sahélienne (et soudano-sahélienne) et les systèmes agraires de la zone forestière (soudano-guinéenne et guinéenne).

On peut donc fixer à l'instar d'Aubréville (1950) dont l'échelle d'étude est plus proche de la notre, deux ensembles dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud, une végétation correspondant au Saloum, dite soudano-sahélienne et une autre, plus au sud dite soudano-guinéenne. Les concepts de sahélien, soudanien, et leurs subdivisions : soudano-sahélien, soudano-guinéen, posent un certain nombre de problèmes pour leur utilisation à propos d'ensemble d'espèces et à plus forte raison d'espaces discrets définis par des compositions floristiques propres qui seront traités au chapitre 1.1.3.3. Cependant, concernant une tentative de typologie des paysages, les « genres » de paysages de terre ferme que pourraient constituer le soudano-guinéen et le soudano-sahélien ne posent pas ces mêmes problèmes dans la mesure où, premièrement un ordre de paysage est un ensemble hétérogène de paysages et où, deuxièmement il ne définit pas un espace précis mais seulement un ensemble de paysages assez proches et dont l'origine est liée à des facteurs identiques.

#### *La zone soudano-sahélienne,*

Les formations végétales sont des savanes constituées d'arbres de 2 à 25 mètres de haut. Il s'y observe un éclaircissement nettement marqué du couvert arboré, l'espacement entre deux arbres pouvant être de plusieurs dizaines de mètres. Le second trait caractéristique est la hauteur et l'allure médiocre du peuplement arborescent. La présence d'une strate graminéenne favorise la circulation des feux de brousse à



l'intérieur de la formation ce qui élimine les strates ligneuses basses (Avenard, 1968). En plus des paysages de savane ouverte, les paysages construits sont ceux du terroir divisé en deux cercles concentriques autour du village. Dans le cercle le plus proche du village, les cultures sont permanentes et quelques arbres sont maintenus, de préférence des espèces légumineuses telles que les acacias. Dans le cercle le plus éloigné, les cultures sont temporaires avec des jachères plus ou moins longues en fonction de la pression foncière. Les jachères permettent la repousse d'arbustes ou de jeunes arbres dès les premières années d'enfrichement. Les activités de pêche (et les autres activités liées aux milieux de mangrove) occupent une importance variable. Elles sont assez rares, dans les villages mandingues du sud Saloum et très importantes, dans les villages sérères du nord Saloum (Pélissier, 1966).

### *La zone soudano-guinéenne,*

**La savane forestière** (également nommée forêt claire) est caractérisée par une strate arborée de moyens à grands arbres à cime jointive et une strate arbustive variable, parfois ouverte, parfois fermée, mais jamais au point de ne pas laisser place en saison des pluies à une strate herbacée continue. Le congrès de Yangambi (Aubréville 1957) a donc décidé d'inclure cette végétation dans la classe des forêts. Notons cependant que nombreux sont ceux qui, comme Avenard (1968), s'appuient sur Sillans et Trochain qui l'avaient incluse dans la classe des savanes et affirment qu'« il est regrettable que l'on ait alors donné à la "forêt claire" le nom de forêt claire plutôt que celui de "Savane forestière" ». Ce terme sera ici adopté pour désigner ce cas qui est en quelque sorte intermédiaire entre la forêt et la savane bien que celui-ci présente une densité du boisement qui permettrait de lui donner un nom de forêt, mais dont l'écosystème est plus caractéristique d'une savane. Le choix fait ici tient compte de ce que, dans l'écosystème forestier, le tapis herbacé annuel ne se développe pas.

**La forêt** définie comme une formation végétale arborée créant un écosystème qui lui est propre, n'est présente que de façon très ponctuelle et très localisée dans notre zone d'étude. Cependant, des formations végétales, au couvert arboré continu et au couvert herbacé très réduit, peuvent se rencontrer. Quand de telles formations végétales sont présentes dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud, elles sont caractérisées par la hauteur et l'allure forestière du peuplement, le rapprochement nettement marqué des cimes des arbres et l'absence, à peu près complète, d'une strate graminéenne et d'espèces d'apports, supprimant pratiquement les risques de feux de brousse. Cependant le nombre de strates est assez réduit et les épiphytes en sont absentes. Il s'agit plus d'une forêt tropophile ou de forêt sèche que d'une forêt tropicale humide (Avenard, 1968).

**Les palmeraies**, où se localisent les parcelles de défriche brûlis, sont composées d'une strate arborée largement dominée par le Palmier à huile et d'une strate arbustive de lianes et de buissons. Lors du brûlis, la strate arbustive est temporairement éliminée par coupe puis par brûlis des branches et des feuilles laissées *in situ*. La strate haute est maintenue. Les rizières itinérantes sont donc arborées, voire forestières. Les parcelles de rizières entourées de forêts sont, en effet, ponctuées d'arbres, avec des taux de recouvrement par les arbres qui sont variables mais globalement élevés. La parcelle est cultivée un an ou deux puis laissée en jachère. Les rejets de souches et les jeunes pousses se développent dès lors jusqu'à recouvrir tout l'espace par des buissons qui vont croître jusqu'au prochain brûlis. Lorsque la parcelle est en jachère, les palmiers sont, durant la saison sèche, utilisés pour la confection de vin de palme et d'huile de palme. La nouvelle jachère est choisie en fonction de deux indices de régénération effective du sol : la couleur sombre du sol, et sa végétation haute et dense (Badiane, 1998).

Dans cet ensemble de paysages boisés, le village met en place chaque année un certain nombre de parcelles de défriche-brûlis. Sur une parcelle forestière ancienne au sol de bonne qualité, une défriche manuelle est effectuée avec coupe et dessouchage des arbres les plus jeunes et des arbustes, coupe sans dessouchage des arbres de taille moyenne et maintien des arbres les plus grands ou des arbres fruitiers. Les parcelles sont cultivées deux ans dans la majorité des systèmes puis laissées en jachères 4 à 5 ans si la pression foncière est très forte, ou plus de 10 ans quand la pression foncière le permet. Ces deux systèmes se côtoient en Afrique de l'Ouest. Les villages littoraux de cette zone ont mis en place depuis plusieurs siècles une riziculture liée aux vasières à mangrove qui constitue la principale activité autour de laquelle s'organise l'économie villageoise (Cormier-Salem éd., 1999).

Paysages forestiers et agricoles concordent donc globalement pour la distinction climatique de deux ensembles de paysages agro-sylvo-pastoraux, de terre ferme ou des vasières. **Nous avons donc bien la distinction, en terre ferme de deux genres de paysages le genre soudano-sahélien et le genre soudano-guinéen** avec leurs caractéristiques propres liées dans un cas à l'abondance et dans l'autre à la rareté des précipitations. Ainsi, il s'agira d'étudier ces ordres de paysages ensemble en tenant compte de leurs différences et de leur complémentarité pour une bonne compréhension des dynamiques paysagères afin de dresser un constat sur la dégradation des paysages.

### 1.1.2.3. L'hydrologie et la distinction des paysages de mangrove

Un estran couvert de deux ou trois types de végétation, plus des tannes ou des rizières, correspond bien à un paysage en ce qu'il s'agit d'un espace de taille kilométrique avec son hétérogénéité interne et son fonctionnement propre. Ainsi les formations végétales qui le composent (la rive à *Rhizophora racemosa*, la formation buissonnante à *Avicennia africana*) sont des éléments de paysages. Or, les éléments paysages de mangrove se répartissent le long du gradient topographique entre le bas de l'estran, inondé en permanence et où la végétation ne peut se développer, jusqu'à la limite de l'estran où la mangrove ne peut plus se développer. Ce gradient écologique, lié à la topographie, structure une succession de formations végétales depuis le bas vers le haut de l'estran nommée zonation. La particularité des paysages de mangrove est le petit nombre d'éléments et la différenciation de ces paysages joue donc sur deux points : la variabilité des éléments de paysages (par exemple la hauteur et la densité d'un peuplement de *Rhizophora racemosa* en rive) et leurs dimensions au sein du paysage (par exemple l'ampleur du tanne sur l'estran). Ce type de structure est commun à tous les paysages de mangrove. La zonation à l'échelle d'une région telle que les Rivières-du-Sud est peu variable. Cependant, selon les conditions hydrologiques, on distingue deux « genres » de zonation donc deux « genres » de paysages. Sow et al. (1999) opposent les paysages de vasière hyperhalines (Saloum, Casamance) et mésahalines (Gambie, Nord bissau-guinéen) qui se distinguent par la plus ou moins grande importance de certains éléments de paysages.

#### *Les hydro-systèmes hyperhalins,*

Les formations basses et ouvertes et les tannes sont plus fréquents dans les paysages des zones au bilan hydrique particulièrement défavorable. Ainsi un type de paysage représentatif du delta du Saloum est représenté par une coupe de végétation avec, pour l'espace littoral *stricto sensu*, quatre éléments de paysage : la rive à *Rhizophora racemosa* est étroite, aux arbres très hauts ; après une transition brutale, une zone à *Rhizophora mangle*, dont les arbres sont beaucoup plus petits, occupe elle aussi un espace réduit ; une zone à *Avicennia africana*, buissonnants également, lui succède avant de laisser place au tanne nu. La Casamance présente elle aussi une rive à *Rhizophora racemosa* souvent très hauts. On trouve ensuite une zone à *Rhizophora mangle* assez proche de celle du Saloum à laquelle succède une zone à *Avicennia africana*, beaucoup plus large que celles du Saloum et de la Gambie. Les parties hautes de l'estran y sont aménagées en rizières.

#### *Les hydro-systèmes mésahalines,*

Les formations hautes à *Avicennia africana* et les lisières progradantes à *Laguncularia racemosa* en sont quasi absentes. En Gambie, la rive est également occupée par un peuplement de *Rhizophora racemosa*. Avec une transition plus large, se développe une zone à *Rhizophora mangle* de taille décroissante. A l'instar du Saloum, la zonation se poursuit par une zone à *Avicennia africana* buissonnants. Le tanne herbu effectue une transition entre la mangrove et le tanne nu. Le Nord bissau-guinéen présente une rive à *Laguncularia racemosa* bas avec une lisière progressive avant l'étage à *Rhizophora racemosa* très élevés. On trouve ensuite, une zone à *Rhizophora mangle* à port buissonnant, une zone à *Avicennia africana* à port buissonnant et le tanne.

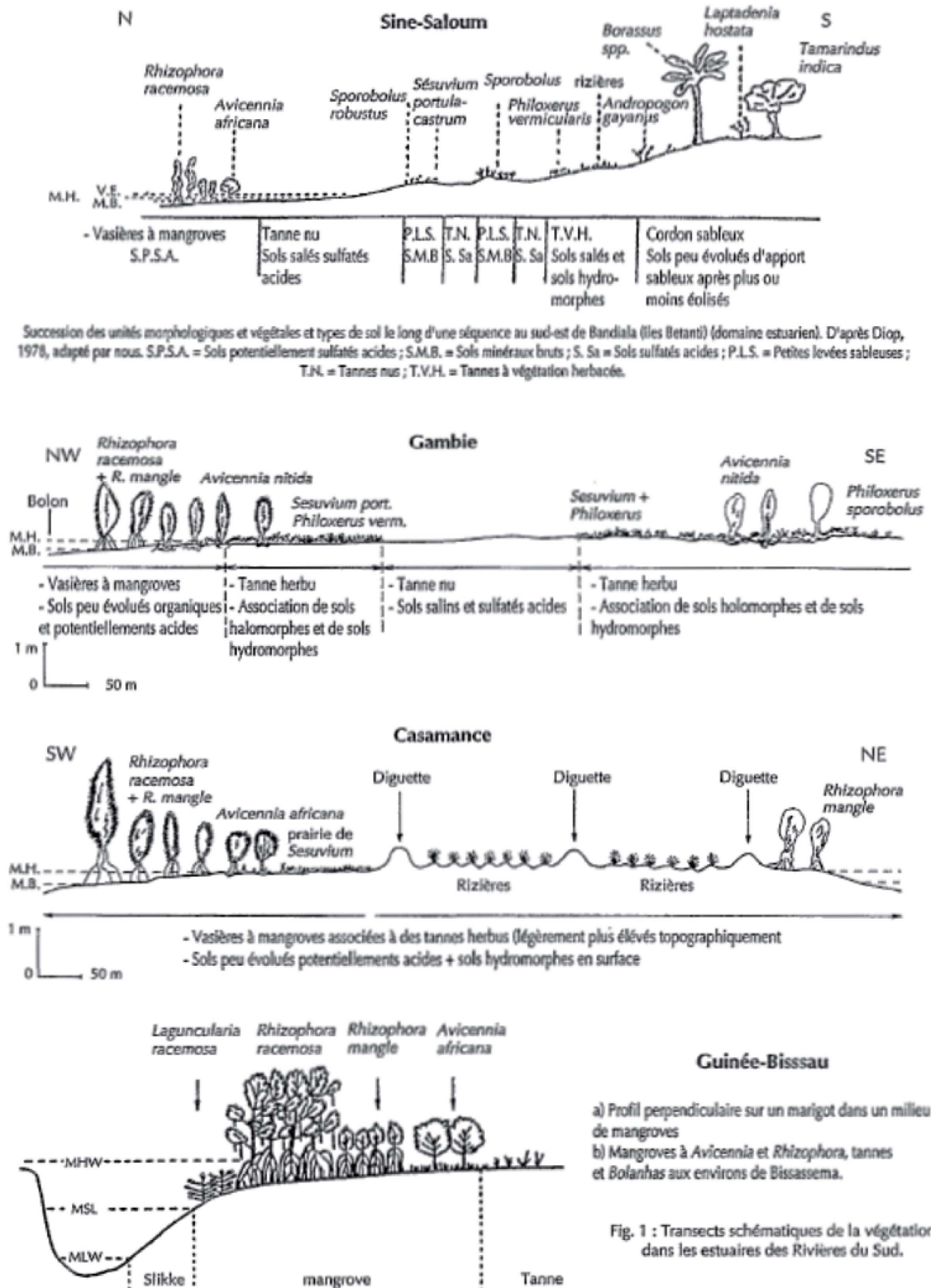


Figure 3 : Zonations dans les Rivières-du-Sud, (source : Sow, 1994)

Au sein de ces deux genres une multitude de types se différencient en fonction de la microtopographie (rive concave, rive convexe) et des actions anthropiques (conversions d'une partie des mangroves en rizières) Ainsi, Sow *et al.*, (1994) présentent les principaux types de zonations de la mangrove des Rivières-du-Sud (figure 3).

### La notion de paysage appliquée aux régions septentrionales des Rivières-du-Sud (1.1.2)

Les paysages végétaux sont assez bien renseignés : il est aisément possible d'en dresser une liste qui semble exhaustive, et d'en trouver des définitions assez exactes et des descriptions riches. Ainsi avons nous pu dresser une ébauche de classification à partir de la bibliographie. Cependant, il existe des lacunes dans la description de l'organisation spatiale des paysages, leur agencement, la quantification des superficies. Dans cette thèse, nous nous efforcerons de combler ces lacunes.

### 1.1.3. État de l'art sur la flore et les paysages des régions septentrionales des Rivières-du-Sud

Comme présenté dans l'encart en introduction de la section (1.1), nous faisons ici le pari de l'intégration de la dimension floristique dans l'analyse des paysages pour en obtenir une meilleure compréhension. Nous devons d'abord présenter les acquis actuels sur la flore de la région étudiée. Pour cela nous débuterons par une comparaison de la flore de la mangrove et de celle de la terre ferme (1.1.3.1). Ensuite, nous présenterons la flore de mangrove (1.1.3.2) et la végétation de terre ferme (1.1.3.3). Enfin, pour pouvoir relier entre eux la flore et le paysage, nous nous efforcerons de bien comprendre le rapport de l'un et de l'autre, notamment en terme d'organisation spatiale. Pour cela nous discuterons de la concordance spatiale de ces deux dimensions (1.1.3.4).

#### 1.1.3.1. Flore de mangrove et flore de terre ferme

La flore de mangrove est très différente de celle de terre ferme. Elles divergent notamment sur trois caractéristiques

Il s'agit premièrement de la question de l'**azonalité de la flore de mangrove** qui contraste avec la **zonalité de la flore de terre ferme**. Bien que la mangrove soit inféodée au climat tropical (avec des nuances apportées par la température de l'eau qui permet de varier autour des strictes limites du climat tropical), sa flore n'est quasiment pas sujette à une variation zonale climatique.

En effet la flore de mangrove varie, à l'échelle mondiale, selon qu'elle appartient au bassin indopacifique ou à la mangrove occidentale (Amérique et Afrique). Les espèces ne sont pas les mêmes et la biodiversité floristique est nettement supérieure pour le bassin indopacifique (Schnell, 1952 ; Braque, 1988). Boaden et Seed (1996) affirment que nulle espèce n'est commune aux deux ensembles biogéographiques et avancent que les mangroves se sont développées à partir du bassin indopacifique et, depuis cette région, ont progressivement conquis les autres régions littorales tropicales en fonction de la capacité de migration des propagules<sup>7</sup>. La très grande biodiversité s'expliquerait aussi, toujours d'après Boaden et Seed (1996), par la possibilité de spéciation rendue possible par les très nombreuses îles du domaine indopacifique. Tomlinson (1986) vient nuancer cette affirmation par l'exemple de la côte ouest australienne. Il met en évidence l'importance des facteurs écologiques dans l'explication des variations de la biodiversité. L'ensemble des secteurs aux conditions écologiques contraignantes comme les mangroves des régions plus froides ou plus arides connaissent des cortèges floristiques plus restreints.

A l'échelle régionale, dans les Rivières-du-Sud, la flore ne varie pas ou très peu et Guiral *et al.* (1999) ont affirmé que ce sont la productivité et la physionomie végétale plutôt que la composition

---

<sup>7</sup> Graines de palétuviers, caractéristiques en ce qu'elles tombent de l'arbre prêtes à germer, ce qui fait considérer les palétuviers comme vivipares.



floristique qui sont à l'origine de ses variations régionales<sup>8</sup>. Sow *et al.*, (1999) expliquent de la même façon que « la composition floristique arborée [de la mangrove] présente, dans l'ensemble, les mêmes espèces de palétuviers avec cependant une productivité primaire qui décroît considérablement en fonction du bilan hydrique déficitaire au Nord et excédentaire au Sud ». Le caractère zonal des physionomies forestières de la mangrove est par ailleurs à nuancer très fortement en fonction de la localisation de la source des fleuves et de la taille des bassins versants dont dépendent les bilans hydriques des systèmes fluviaux. La variation de la flore dépend de la topographie, de la pédologie et de l'hydrographie. Elle est donc une flore azonale au sens où elle échappe au climat régional. Elle ne l'est pas au sens où on ne rencontre la mangrove que dans les régions chaudes.

**La faible diversité de la flore de mangrove** ouest-africaine est remarquable. Seules six espèces de palétuviers sont présentes dans les régions étudiées (Tomlinson, 1986). En revanche la flore de terre ferme connaît de très nombreuses espèces et familles, ainsi que des types bionomiques très différents.

Enfin la troisième et la plus importante originalité de la flore de mangrove est **sa très forte correspondance avec les types de paysages**. A l'opposé, la correspondance entre la flore de la terre ferme et ses types de paysages n'est pas démontrée et sera discutée ci-dessous (1.1.3.4). La correspondance entre type de paysage et flore dans les vasières est fortement liée à la zonation en peuplements monospécifiques qui correspondent à des éléments de paysage (Marius, 1985, Sow *et al.*, 1999, Boaden et Seed, 1996).

La flore de terre ferme, variée, zonale et dont la correspondance entre les très nombreuses espèces et les types de paysages reste à démontrer et la flore de mangrove azonale et très bien structurée à l'échelle des paysages où les six espèces se combinent de façon très précise sous la forme d'éléments de paysages facilement identifiables, ne peuvent être étudiées par les mêmes outils et les mêmes techniques. Nous allons donc effectuer deux synthèses bibliographiques distinctes relatives à chacune de ces deux flores.

### 1.1.3.2. Flore de mangrove et zonation

Dans la zone d'étude, on rencontre six espèces de palétuviers:

- ***Rhizophora racemosa*** – De la famille des RHIZOPHORACEES, *Rh. racemosa* est le plus haut des palétuviers de la mangrove ouest-africaine (Vieillefon, 1977). A l'instar des deux autres espèces de *Rhizophora* elle est euhalophyte<sup>9</sup>. En règle générale elle borde les chenaux.
- ***Rhizophora mangle*** – De la famille des RHIZOPHORACEES, *Rhizophora mangle* est le moins haut des rhizophoras ouest-africain. Supportant des salinités légèrement supérieures au précédent, dont il est moins concurrent, il se rencontre au milieu de l'estran après le peuplement de *Rh. racemosa*.
- ***Rhizophora harrisonii*** – De la famille des RHIZOPHORACEES, c'est une espèce hybride entre *Rh. racemosa* et *Rh. mangle*. Morphologie et écologie sont par conséquent assez variables.
- ***Avicennia africana*** – De la famille des AVICENIACEES dont le genre *Avicennia* est l'unique représentant. *Avicennia africana* est un arbre pouvant aller de 12 à 15 mètres de hauteur que l'on rencontre très majoritairement sous forme d'arbustes de 2 à 3 mètres. Contrairement aux rhizophoras, *Avicennia africana* est cryohalophyte<sup>10</sup>. On le rencontre donc plutôt sur le bord haut de toutes les mangroves (Aubréville, 1950).
- ***Laguncularia racemosa*** – De la famille des COMBRETACEES, l'arbuste est haut de 1 à 2 mètres. Il est plutôt tolérant aux fortes salinités et surtout assez peu compétitif sous hautes inondations, il vit en touffe diffuse dans l'eau des vasières à mangrove (Aubréville, 1950).

<sup>8</sup> « Le développement et la hauteur moyenne des arbres très nettement inférieure au Nord comparativement aux régions méridionales, peuvent traduire indirectement ce contrôle de la croissance des palétuviers par les conditions climatiques. » (Barusseau *et al.* 1999)

<sup>9</sup> Se dit d'une espèce préférant une eau peu salée.

<sup>10</sup> Se dit d'une espèce supportant les eaux très salées.

- *Conocarpus erectus* – De la famille des COMBRETACEES, cet arbuste de 2 à 3 mètres de hauteur, est à la fois inféodé à la mangrove et à la fois ne présente aucun des caractères morphologiques permettant de le définir en tant que palétuvier : viviparité, présence de pneumatophores... Au sein des vasières, on le trouve en arrière-mangrove mais toujours au sein des zones battues par la marée. S'il est tolérant aux fortes salinités et aux sols secs, il peut également pousser à proximité d'eau douce (Tomlinson, 1986, Aubréville, 1950).

Les six espèces de palétuviers ont des besoins différents et des affinités écologiques différentes et se répartissent en fonction des conditions topographiques, hydrologiques et pédologiques (Blasco *et al.*, 1985). Il en résulte une zonation sous la forme d'une structure spatiale floristique et paysagère interne des mangroves, sous forme de « mode d'occupation de l'espace par un certain nombre de groupements végétaux se succédant en bandes correspondant elles-mêmes à des variations mésologiques ». (Da Lage et Métaillé, 2000). De nombreux facteurs entrent en ligne de compte pour expliquer une telle zonation, mais la majorité des auteurs s'accordent pour attribuer les poids le plus fort à l'altitude sur l'estran. A partir de ce constat, Braque (1988), Moguedet (1980), Kiener (1978) parlent de « classes d'inondation » auxquelles ils font correspondre autant de « groupements » végétaux. Bertrand (1991) ou Blasco *et al.* (2006) mettent aussi en exergue l'importance du facteur résultant de l'altitude sur l'estran, en précisant, à l'inverse de Moguedet (1980), que les concepts de slikke et de schorre sont assez peu pertinents pour les toposéquences de mangrove. Il précise également que celles-ci sont très diversifiées et que la distinction en cinq classes d'inondation de Kiener (1978) ne se traduit pas systématiquement par cinq formations végétales. Mac Nae (1968) ou Marius (1985) offrent une explication plus complète de la zonation qui prend en compte la fréquence d'inondation, sa durée et la salinité des sols. Cependant, c'est Hogarth (1999) qui a réellement expérimenté les différents facteurs. Tout en rappelant que l'explication de la chorologie d'une espèce doit combiner dissémination et satisfaction des conditions vitales, il propose quatre nouvelles clefs de répartition des espèces :

- Premièrement, l'halophilie est variable d'une espèce à une autre.
- Deuxièmement, toutes les espèces se développent mieux à faible salinité qu'à forte salinité.
- Troisièmement, si une espèce domine dans une fourchette de salinité, c'est qu'elle exclut ses rivales par compétition et la présence d'une espèce dans une fourchette est due à la moins grande rapidité de développement des autres espèces dans ce même milieu. Boaden et Seed (1996) précisent par ailleurs qu'*Avicennia africana* ne peut se développer sous couvert de *Rhizophora sp.*
- Quatrièmement, à l'instar des autres milieux, la localisation d'un palétuvier adulte dépend de l'implantation de la propagule ainsi que d'une éventuelle sélection parmi les individus en croissance.

Boaden et Seed (1996) rappellent également que la zonation à un instant « t » est le résultat de la répartition des espèces en fonction de l'écologie littorale, mais aussi de la succession des espèces en un point donné en réponse à la dynamique sédimentaire.

Une fois compris les principes écologiques de la zonation, on comprend que les différentes vasières à mangrove, de part leurs caractéristiques propres topographiques, hydrologiques et granulométriques, présentent des zonations différentes. Cependant, les mangroves d'Afrique de l'Ouest sont assez homogènes en ce sens, ne présentant que de faibles nuances d'une zonation à une autre.

Dans l'habitat le moins contraignant vis-à-vis de la salinité, tels que les points bas de l'estran les mieux brassés par des eaux peu salées et les plus fréquemment inondés, ce qui diminue la précipitation de sel et de soufre dans les sols, on trouve des *Rh. racemosa* en formations monospécifiques. Ils peuvent s'étendre sur trois ou quatre mètres comme dans les îles du Gandoul ou sur plusieurs dizaines de mètres comme dans les secteurs les plus favorables de la Gambie.

Ces points sont généralement trop bas pour certaines espèces adaptées à une faible inondation maximale et/ou à une longue exondation comme dans le cas de *Conocarpus erectus* ou, dans une moindre mesure, d'*Avicennia africana*. D'autre part, *Rh. racemosa*, avec ses racines échasses, est parfaitement adaptée à des vasières inondées jusqu'à plus d'un mètre à marée haute. D'autres espèces comme *Rh. mangle* et *Rh. harrissonii* peuvent se développer dans ces conditions très favorables. Cependant, dans ce

milieu, *Rh. racemosa* est l'espèce qui croît le plus vite et le plus haut, et qui peut donc le mieux éliminer les autres espèces. (Bertrand, 1991 ; 1991, Hogarth, 1999).

Plus haut sur l'estran, les conditions d'inondation se font plus sélectives. En effet la plus haute altitude induit une plus petite hauteur d'eau moyenne, et surtout une plus grande fréquence d'exondation. Cette dernière induit une évaporation des solutions du sol à l'origine de leurs fortes salinités. Au milieu de l'estran, immédiatement au dessus de la rive, ces conditions sont à peine plus contraignantes que sur la rive. Or c'est *Rhizophora mangle* qui domine ces peuplements forestiers. En effet, un seuil écologique en rapport avec la fréquence d'inondation est franchi : *Rh. racemosa* croît moins vite et moins haut. Cet habitat est précisément celui dans lequel *Rh. mangle* est à son optimum écologique. Il en résulte donc une substitution et c'est *Rh. mangle* qui forme alors des peuplements monospécifiques. Ceux-ci sont moins hauts et moins denses que les formations à *Rh. racemosa*.

Il existe entre ces deux formations une bande de transition de faible largeur, où se rencontre une troisième « espèce », *Rhizophora harrissonii*, hybride des deux précédentes ; il reste des doutes sur sa fertilité qui en ferait une espèce *sensu stricto*. Il est délicat de parler avec précision de l'écologie végétale d'une espèce hybride instable. Cependant sa présence semble plutôt généralement localisée dans les zones de transition, entre la formation à *Rh. racemosa* et la formation à *Rh. mangle*.

Si l'on continue à suivre l'estran du bas vers le haut, le peuplement de *Rh. mangle* cède la place à celui de *Avicennia africana*. En effet, au delà d'une certaine altitude sur l'estran, la hauteur d'eau maximale a diminué jusqu'à rendre viables les vasières aux trois autres espèces : *Avicennia africana*, *Laguncularia racemosa* et *Conocarpus erectus*.

Un second seuil est donc identifiable, au-delà duquel, d'une part, *Rh. mangle* croît moins vite et moins haut et d'autre part, *Avicennia africana* connaît son optimum écologique. Celui-ci est assez peu marqué ainsi que sa supériorité dans la concurrence interspécifique. Il en résulte une zone de transition beaucoup plus large que celle entre *Rh. racemosa* et *Rh. mangle* et, une formation qui est rarement monospécifique.

*Conocarpus erectus*, peut se développer en dehors des vasières salées régulièrement inondées, et se contenter des secteurs très peu inondés. On le retrouve donc dans les parties les plus hautes de l'estran là où *Avicennia africana* sort de son optimum écologique, il s'y présente sous forme de peuplements bas et ouverts.

*Laguncularia racemosa* se retrouve également dans ces formations d'arrière mangroves basses et ouvertes ; lui aussi est capable de se développer dans des milieux peu inondés. En revanche sa tolérance est moins forte que *Conocarpus erectus*, aux fortes salinités et on ne la retrouve que rarement dans les secteurs sursalés. Si l'on se concentre sur la géomorphologie de l'estran, il existe dans les milieux de mangrove un habitat particulier de bord de chenal favorable à *Laguncularia racemosa* : les microfalaises. Sur ces vases assez hautes sur l'estran, dont le caractère riverain permet une faible salinité des sols plus facilement lessivés que les sols des vases de même altitude éloignées du chenal, on rencontre très régulièrement *Laguncularia racemosa*.

*Laguncularia racemosa* est aussi également présent dans un troisième habitat : dans les secteurs particulièrement dynamiques d'un point de vue sédimentaire, des bancs de vase instables en rive de chenaux, plus particulièrement en rive convexe et en zone de confluence de deux chenaux. Cet habitat n'est guère colonisé par *Rhizophora racemosa* dans la mesure où ses propagules sont, emportées par l'eau ou ensevelies. Ces bancs ne peuvent être occupés par *Rhizophora racemosa* que par déplacement ou extension des individus adultes proches déjà en lisière à l'aide des rhizophores. *Laguncularia racemosa* les colonise très rapidement. Il s'y présente en peuplements monospécifiques de petite taille souvent sous forme de tâches de quelques mètres carrés. La régénération de *Laguncularia racemosa* sous lui-même dans ces secteurs est très importante, et le peuplement se présente sous la forme d'une strate arbustive de plus ou moins deux mètres, croissante avec l'éloignement du chenal, et d'une strate continue de jeunes plantules.

Quelques espèces herbacées hydrohalophytes sont également présentes dans les vasières étudiées. Elles jouent un rôle paysager discret à l'exception d'une espèce qui joue un rôle important dans les dynamiques biologiques des palétuviers, et d'*Avicennia africana* tout particulièrement. *Sesuvium*

*portulacastrum* est une espèce crassulescente qui se développe sur les vases les plus hautes et les plus salées. Elle est également présente sur sables. Elle joue un rôle très important dans la conquête des vases (recolonisation des tannes et des rizières abandonnées) en ce qu'elle retient les propagules d'*Avicennia africana* qui seraient sans elle emportées par la marée et constitue donc un facteur favorable sinon nécessaire à la reconquête d'*Avicennia africana* et peut être même à sa régénération sous lui-même.

L'écologie de ces six espèces est donc très bien renseignée et une synthèse bibliographique nous apporte une information amplement suffisante pour une interprétation des cinématiques paysages qui puisse prendre en compte la dynamique des peuplements spécifiques. On retrouve notamment deux irrégularités au schéma de successions purement monospécifiques. Premièrement, dans certaines situations, quelques individus d'une espèce arrivent à se développer au sein d'un biotope habituellement occupé par une autre espèce ; à chaque élément de paysage de mangrove correspond en effet une composition floristique identifiable, monospécifique dans une majorité des cas. Bertrand (1991) explique à ce propos que « la compétition spatiale s'exerçant sur un nombre réduit d'espèces, leurs aires de distribution sont susceptibles de s'élargir considérablement pour peu que les conditions de milieu ne soient pas trop restrictives, ce qui multiplie d'autant leurs possibilités d'intersections. ». Deuxièmement, entre deux formations monospécifiques, on retrouve une bande de transition où les espèces se côtoient.

### 1.1.3.3. Sur la terre ferme, la transition sahélo-soudano-guinéenne

#### *Principes de la zonation latitudinale de la flore ouest-africaine*

White (1986), dans le mémoire qui accompagne la carte de la végétation de l'Afrique, distingue à l'échelle du continent africain un certain nombre de « centres régionaux d'endémismes » définis comme des « phytochories<sup>11</sup> qui possèdent 50% des espèces confinées à son territoire et un total d'au moins 1 000 espèces endémiques ». Les centres d'endémisme sont séparés d'après White par des zones de transition de deux types. Certaines sont d'étendue restreinte comme celle qui sépare la région du Cap du Karoo-Namib ou celles qui relient les flores montagnardes aux flores de plaine qui les entourent. D'autres zones de transition sont en revanche de très grande taille (égale ou supérieure aux centres régionaux d'endémisme) comme la zone de transition entre le centre d'endémisme guinéo-congolais et le centre d'endémisme soudanien ou la zone de transition sahélienne. Cette grande taille des zones de transition rend compte de l'hétérogénéité fondamentale de la flore africaine.

Ainsi si on la prend dans son cadre régional, la zone d'étude est concernée par le centre d'endémisme guinéo-congolais, la zone de transition guinéo-congolaise/soudanienne, le centre d'endémisme soudanien, la zone de transition sahélienne et le centre d'endémisme saharien. Notons cependant que White lui-même précise qu'étant donnée la difficulté de définir la région soudanienne comme centre d'endémisme, elle pourrait être également définie comme une zone de transition en ce qu'elle ne possède pas exactement 1 000 espèces endémiques et seulement un tiers de sa flore confinée au territoire soudanien (figure 4c).

Les régions septentrionales des Rivières-du-Sud se situent, au sein de cette structure spatiale de la flore africaine, dans le nord de la zone de transition guinéo-congolaise/soudanienne. Notons que sur la carte à l'échelle de l'Afrique, la zone de transition guinéo-congolaise/soudanienne englobe entièrement la zone d'étude. En revanche, sur la carte plus précise du centre d'endémisme régional soudanien, la limite sud est localisée au niveau du Fleuve Gambie et non au niveau de Dakar.

Si l'on se fie à la carte la plus précise, la zone étudiée se situe à la limite entre le centre d'endémisme régional soudanien (au nord du fleuve Gambie) et la zone de transition guinéo-congolaise/soudanienne (au sud). Notons enfin que la zone de transition guinéo-congolaise/soudanienne se situe climatiquement entre 500 mm (jusqu'à 400 au niveau de la côte sénégalaise) et 1400 mm (jusqu'à 1800 dans le nord ouest de la Côte d'Ivoire).

---

<sup>11</sup> C'est-à-dire des aires globalement communes à un grand nombre d'espèces.



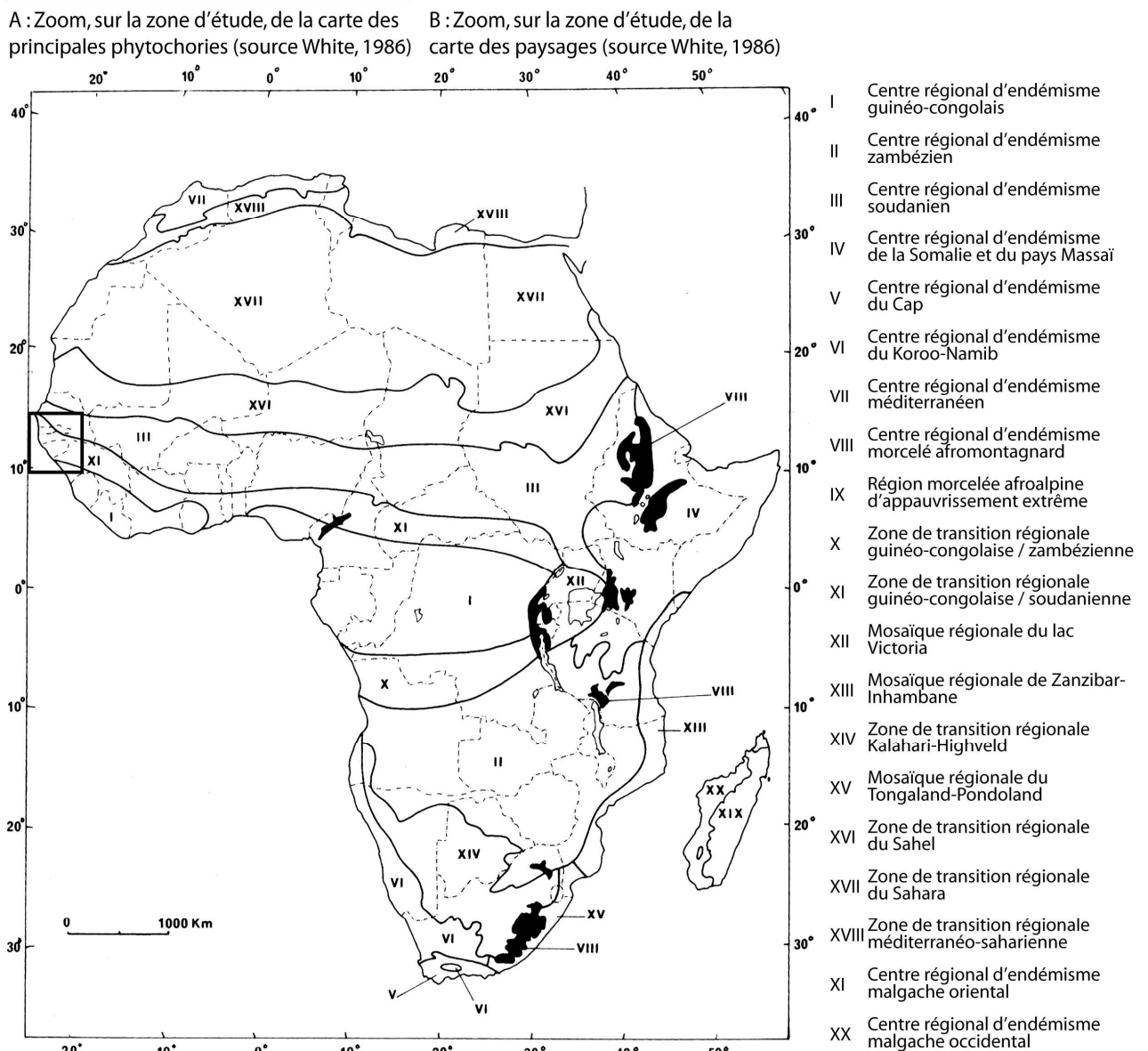
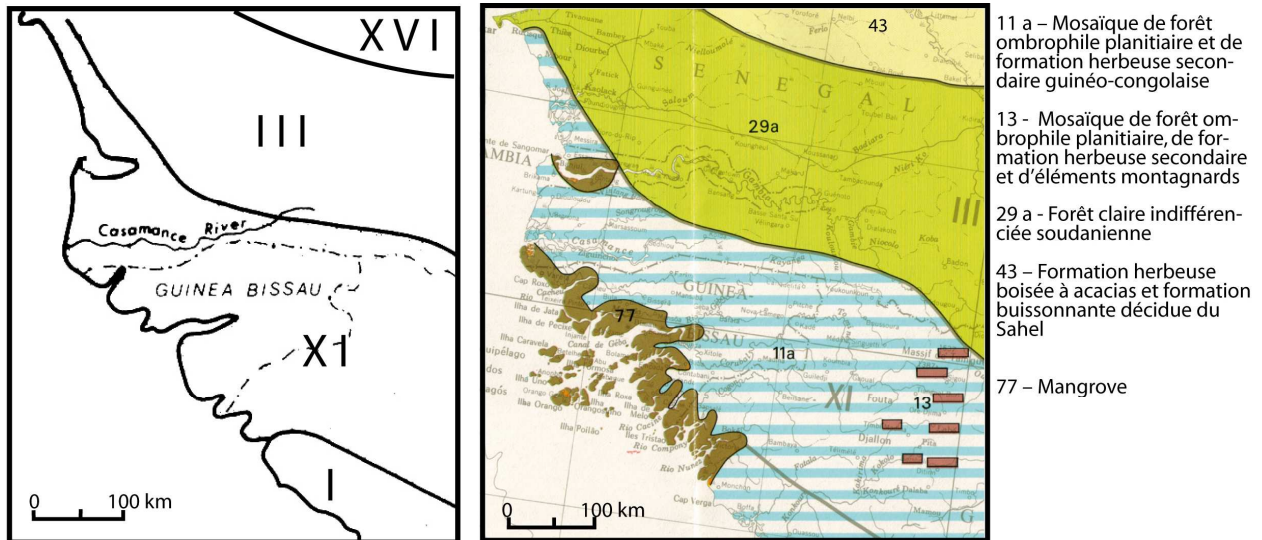


Figure 4 : Carte de la végétation d'Afrique (source : White, 1986)

A l'échelle supérieure, celle de l'Afrique de l'Ouest, Aubréville (1950) distinguait pour l'Afrique de l'Ouest trois ensembles : le Sahara, la forêt dense humide équatoriale et la flore forestière soudano-guinéenne. Outre la prise en compte des plaines d'Accra comme un faciès sec de la flore guinéenne et non un faciès humide de la flore soudano-guinéenne comme le fait White, la division de ces trois grands ensembles sont conformes. Ainsi, la définition de la flore soudano-guinéenne d'Aubréville (1950) est parfaitement conforme à la division de White si on applique strictement à la région soudanienne la définition de centre d'endémisme que White définit lui-même, et que l'on englobe les trois zones de transitions consécutives : la zone de transition guinéo-congolaise/soudanienne, la zone soudanienne et la zone de transition sahélienne. Par ailleurs le domaine de la flore forestière soudano-guinéen d'après Aubréville (1950) se divise également lui aussi en trois bioclimats : le soudano-guinéen (950 à 1750 mm annuels), le sahélo-soudanais (400 à 950 mm annuels), et le saharo-sahélien (200 à 400 mm annuels). Si l'on se réfère aux lignes de limite des bioclimats, la zone étudiée se situe bien dans le soudano-guinéen (équivalent de la zone de transition guinéo-congolaise/soudanienne de White, 1986). Si l'on se réfère aux moyennes de pluviosité annuelle, le Sine Saloum se situe dans le sahélo-soudanais alors que le reste de la zone étudiée est dans le soudano-guinéen.

A une échelle encore plus grande, celle du Sénégal (Casamance exclue), Trochain (1940) distinguait deux régions phytogéographiques : la région phytogéographique de la forêt dense dite congo-indienne et la région phytogéographique soudanienne. La région phytogéographique soudanienne est définie par une pluviosité entre 500 et 1 200 mm par an. Trochain (1940) inclut sous ce climat deux secteurs de flore guinéenne appartenant à la forêt dense en fonction de conditions écologiques propres aux topographies basses. Entre Kaolack et la frontière gambienne, il qualifie de guinéennes les forêts galeries et les palmeraies, les autres végétations de ce secteur appartenant à la flore soudano-guinéenne, qui est selon cet auteur un faciès méridional de la flore soudanienne et non une zone de transition.

Ainsi, la limite entre guinéen et soudanien (ou soudano-guinéen) se situe pour Trochain (1940) au Sénégal à 13,8° N ; pour White elle se situe à Boké en Guinée Conakry à 10,4°N soit quelques 385 km plus au sud et pour Aubréville (1950) à la frontière de la Guinée-Conakry et de la Sierra Leone soit encore 500 km plus au sud. Vers le nord, la limite entre Soudan et Sahel se situe à 15°N pour Trochain (1940), 15,7°N pour White et 16°N pour Aubréville (1950). La différence (plus de cent kilomètres) est moindre bien que non négligeable. Or cette imprécision serait la même si l'on cherchait à comparer dans les travaux de climatologie, les limites spatiales du sahélien, du soudanien, et du guinéen. Chaque auteur utilisant sa propre définition, aucune ne s'affirme nettement.

Concernant la subdivision du soudanien, Aubréville (1950) place la limite entre ces deux faciès au niveau de la frontière entre le Sénégal et la Gambie dans le Sud du Saloum. Il situe ainsi une rupture floristique de part et d'autre de cette région. Cependant, Aubréville (1950) n'offre pas de synthèse sur les végétations de chacun de ces deux faciès.

Par commodité, nous utiliserons la définition du soudanien d'Aubréville (1950) car elle est intermédiaire dans les limites latitudinales qu'elle propose. De plus, elle est compatible avec notre échelle d'analyse et elle permet à la fois une précision que ne possède pas l'échelle de White et une vue d'ensemble que ne permet pas l'échelle de Trochain (1940). Nous adopterons aussi ses deux subdivisions, le soudano-guinéen et le sahélo-soudanais, que l'on préférera nommer soudano-sahélien, ce terme ayant depuis un certain temps remplacé celui établi en 1950 par Aubréville.

### *Conception continuiste et discontinuiste de la zonation floristique*

Les catégories bioclimatiques (Sahélien, Soudanien, Guinéen...) ont été établies de longue date (Chevalier, 1900, Trochain, 1940, Aubréville, 1950) puis confirmées (White, 1986). Cependant ces catégories peuvent, ou non, coïncider avec la réalité de la flore littorale soudanienne. Notamment en ce qu'elles sont dans une majorité des cas le fruit d'une conception discrétisée de l'espace géographique et d'une vision discontinuiste, sinon du climat, du moins de la flore. En effet, dans la biogéographie française, (Trochain, 1940 ; Aubréville, 1950) la flore est conçue comme présentant des unités homogènes (les zones latitudinales) juxtaposées. Or cette première conception discontinuiste de la flore, dans des contextes de

gradients climatiques, s'est souvent révélée insatisfaisante (Lecompte, 1973, Alexandre 1994, Génin, 1995, Alexandre *et al.*, 1998). White (1986), à l'instar de la biogéographie anglo-saxonne, s'appuie sur une conception plus continuiste de la flore. Il cartographie donc la végétation sous forme d'une alternance de zones d'endémisme et de zones de transition. Cependant, si cette conception de l'agencement spatial des espèces semble plus fiable au regard des résultats des travaux cités ci-dessus, ce travail à l'échelle du continent ne permet pas une connaissance suffisante à l'échelle où se place cette étude, pour permettre une bonne prise en compte de la flore dans la dynamique des paysages.

A des échelles plus grandes, celle de l'Afrique de l'Ouest ou celle du Sénégal, on ne retrouve que des travaux basés sur cette conception discontinuiste de la flore. Dans ces travaux, l'utilisation d'une terminologie plus complexe avec des sous divisions des ensembles Sahélien, Soudanien, Guinéen, tente de rapprocher cette description discontinue d'une réalité toujours complexe. Cependant, ces sous divisions sont souvent moins bien définies dans les limites et les contenus que ne le sont les grands ensembles. Ainsi le Soudanien est parfois divisé en soudano-sahélien et en soudano-guinéen (Trochain, 1940). Dans d'autre cas, les zones sahéenne, soudanienne et guinéenne ne sont pas subdivisées, les termes de sahélo-soudanien, ou de soudano-guinéen faisant alors référence aux bandes de transition entre ces deux zones (Arbonnier, 2000), un peu comme si la biogéographie montrait des régions stables et des régions de transition. Il apparaît donc nécessaire de réexaminer la flore du littoral ouest-africain à l'aide de concepts plus continuistes qui, outre qu'ils permettent de mieux décrire l'espace en fonction de sa composition floristique, ont l'avantage de mieux examiner la géographie et l'écologie de chaque espèce sans lui attribuer d'office une appartenance à un domaine bioclimatique au sein duquel elle est supposée être omniprésente et en dehors duquel elle est supposée être absente.

Nous avons, pour les genres de paysages, choisi d'utiliser les termes de soudano-guinéen et de soudano-sahélien en tant que deux subdivisions du domaine soudanien, au sein desquelles on retrouve un certain nombre de paysages comparables car en rapport avec un type de climat nord soudanien ou sud soudanien. En ce qui concerne la flore, ces termes font également référence aux deux subdivisions du domaine soudanien et non aux secteurs de transition avec les domaines limitrophes. Floristiquement, les concepts de soudano-guinéen et soudano-sahélien doivent être compris comme des pôles floristiques les plus typiques des climats éponymes, à partir desquels chaque secteur et chaque espèce pourraient être définis par une degré d'appartenance à un domaine phytoclimatique.

De plus, il est nécessaire de réexaminer ces subdivisions de la flore dans la mesure où les travaux de référence sont antérieurs à la péjoration climatique des années 1968 à 1994 et aux principales transformations des paysages comme le défrichement du Bas Saloum pour la culture de l'arachide. Ainsi, Trochain (1940) subdivise-t-il le domaine soudanien en un secteur soudano-sahélien au nord de Mbour et un secteur soudano-guinéen au sud de Mbour. Or, le climat et la flore soudano-guinéennes sont considérés aujourd'hui définis comme ceux du Kassa et du nord de la Guinée-Bissau. Si le déplacement des isohyètes de précipitation de 100 à 200 km vers le sud entre la phase 1950-1970 et la phase 1970-2000 est désormais admise, il reste à examiner si les conséquences des années de faible pluviosité ont fait bouger la structure de la flore de manière aussi spectaculaire. Les espèces végétales se sont-elles déplacées de 200 km dans leurs limites ou dans leur centre de gravité ? Cette question restera en filigrane dans l'étude de la conformité de la flore à la structure des paysages ou au gradient climatique.

### ***La proximité du littoral détermine-t-elle un faciès dans la flore et les bioclimats ouest-africains ?***

Au sein de la zone de transition guinéo-congolaise/soudanienne, White (1986) distingue un certain nombre d'unités cartographiques. L'une d'entre elles englobe l'ensemble de notre zone d'étude. Il s'agit de la plaine côtière de la Basse Casamance, dont il signale l'extension vers le Nord au delà des limites de la



Casamance. Il s'agit d'« une forêt d'affinité guinéo-congolaise ». La région connaît une saison sèche, trop longue pour le développement d'une forêt ombrophile hors secteurs inondés où les nappes phréatiques sont très proches de la surface. Là, même pendant la saison sèche, certaines espèces guinéennes s'étendent jusqu'à ces régions septentrionales. Elles forment, en quelque sorte, une immense forêt galerie très large autour des vasières et des bas-fonds. *Parinari excelsa* est donnée comme symbole des forêts primaires désormais défrichées pour l'agriculture. Sont également citées : *Erythrophleum suaveolens*, *Detarium senegalense*, *Azelia africana*, *Khaya senegalensis*, *Albizia adianthifolia*, *A. ferruginea*, *A. zygia*, *Antiaris toxicaria*, *Chlorophora regia*, *Cola cordifolia*, *Daniellia ogea*, *Dialium guineense*, *Morus mesozygia*, *Schrebera arborea* et *Sterculia tragacantha*.

Aubréville (1950), conformément à sa logique bioclimatique, distingue trois faciès littoraux dans la zone soudanienne. Le premier est le climat sahélien de la côte sénégalaise qui correspond à une étroite bande sur la Grande Côte, dont la particularité est la dominance, durant une grande partie de l'année, de l'alizé maritime. Le second est le climat sahélo-sénégalais. Il s'agit du climat de transition avec le précédent et le climat Sahélo-soudanais continental. Il se situe donc dans la même gamme de pluviosité que le climat soudano-sahélien bien que de moindre variabilité interannuelle : 500 à 900 mm au lieu de 400 à 1000 mm (exceptionnellement 1200 mm). Le troisième est le climat soudano-guinéen de Basse-Casamance qui inclut (en 1950) la Gambie, la Basse-Casamance et la Basse Guinée-Bissau. Le total pluviométrique annuel est de 1200 à 1750 mm. Les caractéristiques littorales permettent une définition plus précise des deux sous ensembles du domaine soudanien au sein de notre zone d'étude sans remettre en question la localisation de la limite ou les modalités de transition.

Trochain (1940) offre, à l'échelle du Sénégal, une description beaucoup plus détaillée du faciès littoral comportant de riches descriptions des différentes végétations. Cependant, il distingue dans l'arrière pays du Delta du Saloum deux domaines floristiques qui cohabitent et se côtoient selon des facettes écologiques. La flore soudano-guinéenne (qui appartient dans sa définition à la flore guinéenne), est présente dans les stations les plus favorables du Saloum : les forêts galeries et les palmeraies de bas-fonds. La flore sahélo-soudanienne (qui appartient dans sa définition à la flore soudanienne) est présente dans les parties sèches et dégradées.

Ainsi Trochain (1940), présente-t-il à l'échelle locale la structure spatiale de la flore non pas en ensembles emboîtés discontinus comme Aubréville (1950) le fait à l'échelle régionale mais en une mosaïque où des secteurs de flore soudano-guinéenne et des secteurs de flore soudano-sahéliennes peuvent se côtoyer. S'agit-il d'une conception de la géographie botanique moins ancrée dans le modèle discontinuiste ou simplement la résultante, de la part d'Aubréville (1950), d'une échelle trop grande pour aborder finement des modalités de transition ? Notons cependant, que White (1986) à une échelle encore plus grande, s'inscrit dans une conception continuiste, ce qui tend à penser qu'il s'agit bien de la part d'Aubréville (1950) d'un choix de modèle.

De Wolf (1998), à une échelle encore plus locale, met en évidence huit types de végétation de terre ferme (hors forêts galeries) à l'aide d'une classification de la flore et d'une ACC prenant essentiellement en compte les gradients topographique et pluvial. Cependant, l'auteur admet que la distinction des groupes ne tient qu'à de ténues différences d'abondance des espèces et non de présence ou d'absence, la majeure partie des espèces possédant un spectre écologique très large.

### 1.1.3.4. Concordance ou discordance de la flore et des paysages

Dans notre volonté d'examiner les types de liens entre paysage, flore et climat, il est important de se poser la question des modalités de variation spatiale de la flore aux échelles régionales. La question qui nécessite cet examen est la suivante : la flore est-elle organisée par les grands ensembles climatiques, ou par la structure des paysages ? Que nous apprend notre analyse bibliographique sur la flore et la géographie floristique et sur la concordance entre flore et paysages aux échelles moyennes ?

White a joint une carte des paysages à celle de la flore (figure 4b). Elle se présente en une dizaine de très grandes unités et un certain nombre de petites régions. La concordance entre l'agencement à l'échelle continentale des paysages et de la flore semble globalement bonne bien qu'imparfaite. En effet,

l'auteur a souvent donné à une même région un identifiant floristique et paysager et quelquefois défini des entités différentes des paysages et de la flore, dans l'intitulé et dans les limites spatiales. A l'échelle de notre zone d'étude, White (1986) dresse cependant un portrait différent, plus précis, de la structure des paysages et de la flore. Plus au nord que notre zone d'étude, il met en évidence une concordance entre flore et paysages : la zone sahélienne correspond à une mosaïque de savanes à acacias et de steppes et la zone soudanienne correspond aux paysages de forêt claire. Au sein de notre zone d'étude et plus au sud, un certain nombre de discordances se manifestent. Premièrement, il y fait apparaître le paysage des mangroves, absent de la carte de la flore. Deuxièmement, le nord de la zone botanique guinéenne et la zone botanique de transition guinéo-congolais/soudanienne sont toutes deux couvertes d'un même paysage : la mosaïque de forêts et de savanes secondaires.

Trochain (1940), lui, utilise une conception de la géographie de la flore, basée sur la concordance entre flore et type de paysage. Au lieu de diviser le Sénégal en zones latitudinales parfaitement distinctes, Trochain examine ensemble la composition floristique, le paysage, le climat et les conditions écologiques locales, ce qui lui permet de faire correspondre à un type de paysage et à une facette écologique donnée une liste floristique.

Cette approche analytique nous semble tout à fait appropriée et les résultats qui en découlent sont riches en enseignement. Les tableaux de présence floristique des différents relevés montrent bien une situation complexe au sein de laquelle il est difficile de mettre en évidence une correspondance entre type de paysage et flore, sans perdre une très grande partie de l'information, dans un effort de simplification. Premièrement, il ressort des analyses de Trochain (1940) un grand nombre d'espèces omniprésentes qui ont été relevées dans des paysages très différents. Deuxièmement, des paysages fortement identiques présentent des divergences floristiques significatives. Cependant, Trochain (1940), synthétise tout de même la complexité de ces relevés floristiques en accordant dans sa synthèse une correspondance entre type de paysages et flore, lesquels sont regroupés en deux ensembles, soudanien et guinéen.

L'analyse bibliographique ne permet donc pas de trancher sur la concordance de la flore avec le gradient climatique ou avec la structure des paysages à l'échelle régionale, aussi la mise en rapport entre flore et type de paysage constitue le deuxième objectif que nous assignerons à l'analyse de la structure spatiale de la flore.

### État de l'art sur la flore et les paysages des régions septentrionales des Rivières-du-Sud (1.1.3)

Mangrove et végétation de terre ferme diffèrent dans leurs contenus botaniques, non seulement dans la liste des espèces présentes mais aussi dans la manière dont la seconde répond à la loi de la zonalité alors que la première s'en affranchit. Ceci justifie de traiter séparément la manière dont mangrove et végétation de terre ferme se différencient dans l'espace régional.

La flore de mangrove, par son petit nombre d'espèces dont l'écologie bien connue est essentiellement liée à la topographie, sera écartée des analyses de géographie floristique. La flore de terre ferme, elle, a été jusqu'ici décrite par le biais des grands ensembles floristiques bioclimatiques : sahélien, soudanien et guinéen, autant de concepts qu'il s'agira de réexaminer avant d'étudier les concordances et discordances entre flore et type de paysages.

Par ailleurs, à l'exception de White (1986) qui fait varier quelque peu sa carte des phytocories de sa carte des paysages, il est commun de faire correspondre flore et type de paysage. Ainsi, une fois extraite et décrite la part du climat et de la transition zonale de la flore, on cherchera à étudier la part de la structure des paysages dans l'explication de la géographie de la flore.

### Les régions septentrionales des Rivières-du-Sud : zone d'étude, biogéographie (1.1)

La zone d'étude s'étend du delta du Saloum à la presqu'île de Biombo-Quinhamel, avec ses vasières à mangrove et sa bande littorale de terre ferme sur plusieurs dizaines de

km vers l'intérieur des terres. Elle est composée d'un certain nombre de type de paysages que l'on peut hiérarchiser en fonction de leur genèse selon la classification que propose Godron et Joly (2008). Les deux familles de paysages de vasières et celles de paysages de terre ferme sont botaniquement parfaitement distinctes. La flore des vasières répond à des modes de répartition suffisamment bien connus pour les intégrer dans les analyses de dynamiques des paysages. Concernant la terre ferme, la connaissance des modes de répartition de la flore présente un certain nombre de lacunes, telles son agencement à l'échelle régionale et la concordance à l'échelle locale entre flore et types de paysages.

## 1.2. Les facteurs passés de changement

L'approche dynamique nécessite la prise en considération des facteurs de changement. Or ceux-ci peuvent être simultanés ou quasi-simultanés aux changements ou ils peuvent avoir eu lieu dans un passé plus ou moins récent, alors que leurs conséquences peuvent être en cours durant la période étudiée. Il s'agit notamment dans le cadre particulier des paysages des régions septentrionales des Rivières-du-Sud de replacer deux cadres temporels. Le premier est le cadre de l'histoire, à l'échelle des derniers siècles, de la construction des paysages actuels (1.2.1). Le second cadre est celui à l'échelle des dernières décennies des fluctuations de la pluviosité (1.2.2).

### 1.2.1. Pour une histoire agricole et forestière des régions septentrionales des Rivières-du-Sud

Les paysages et la végétation du littoral ouest-africain se placent dans le contexte d'un faciès littoral au sein d'un gradient latitudinal, le long duquel le climat change suivant un gradient de pluviosité croissante du nord au sud, induisant une mise en valeur agraire différenciée. Ils doivent aussi être replacés dans leur contexte historique. En effet, le contexte historique récent joue un rôle assez important dans la structure spatiale des paysages agricoles et forestiers d'aujourd'hui et il peut aider à comprendre les changements de ces trente dernières années. En se fondant sur les travaux traitant de l'histoire des paysages agricoles et forestiers des Rivières-du-Sud, trois périodes seront distinguées : la période pré-coloniale (1.2.1.1), la période coloniale, (1.2.1.2) et la période post-coloniale (1.2.1.3).

#### 1.2.1.1. Intensification et diversification progressive à la période pré-coloniale

Quelles activités précoloniales ont imprimé leurs marques sur les paysages actuels ? La structure du paysage actuel présente-t-elle les marques de l'Afrique précoloniale et des différences régionales de l'époque ?

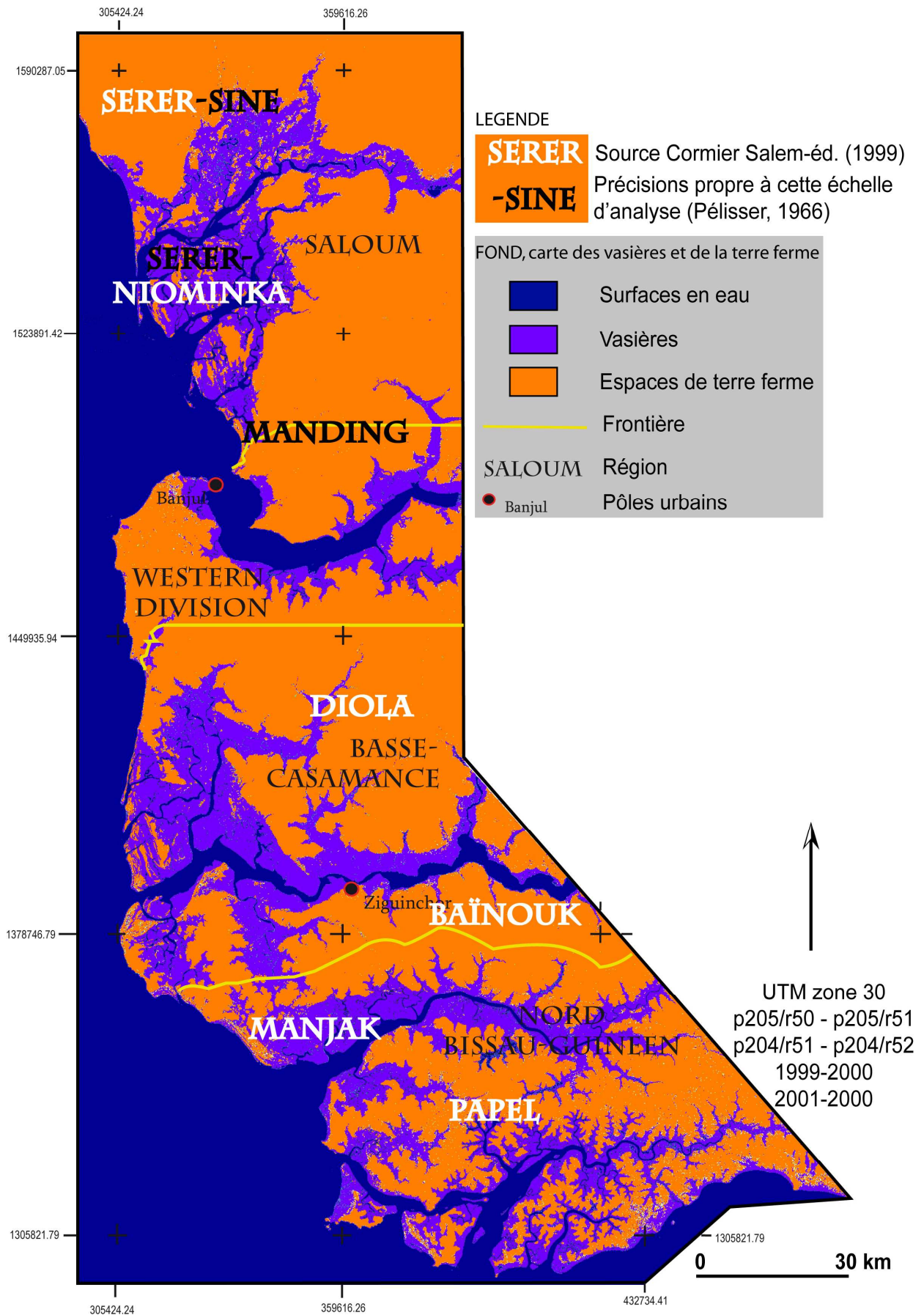


Figure 5 : Carte des ethnies (sources, Pélissier, 1966 ; Cormier-Salem, 1999)

Dans l'ensemble de la zone, la présence d'amas coquilliers témoigne de l'ancienneté des activités de pêche des huîtres et coques, permettant de supposer que ces activités seraient vieilles de 2 000 ans. Elles s'accompagneraient dès cette période d'une activité rizicole (Descamps, 1994 ; Cormier-Salem *et al.*, 1999). En Basse-Casamance et dans le Nord bissau-guinéen, on cultivait essentiellement le riz. Les Diolas, habitants de très longue date de la Casamance et du Nord bissau-guinéen, étaient propriétaires de grands troupeaux de bovins. Le riz produit par les Diolas et en moindre quantité par les autres ethnies de la région était exporté vers le nord et l'intérieur des terres (Bosc, 2005).

La carte des ethnies<sup>12</sup> (figure 5) des régions septentrionales des Rivières-du-Sud montre un peuplement sérère à la limite Nord de notre zone d'étude et au delà, un peuplement mandingue dans le sud du Saloum, le Niumi et une partie du Kombo et du Fogny, un peuplement Diola dans le Fogny, le Boulouf et le Kassa, et un peuplement balante, feloup<sup>13</sup> et manjak dans le Nord bissau-guinéen. Certaines ethnies se retrouvent de façon assez homogène, tels les Wolofs dont la densité de peuplement est décroissante du nord au sud, et les Peuls dont la présence est décroissante d'est en ouest. Toutes ses régions sont peuplées de plusieurs ethnies avec des villages où l'ethnie qui est majoritaire ne l'est pas forcément dans la région ; tous les villages et à plus forte raison toutes les villes sont composées de plusieurs d'ethnies. Toutes les régions comprennent de larges espaces de transition où les ethnies se mêlent.

Plus au nord, dans le royaume du Niumi<sup>14</sup>, seule une fine frange de terre ferme à proximité des villages et des chenaux était défrichée. Le peuple, que l'on appelait déjà Niuminka : les gens du Niumi (Saloum et Gambie), était un peuple de pêcheurs possédant de nombreuses pirogues et maîtrisant de nombreuses techniques de pêche (Wright, 2004). Jusqu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle et l'arrivée des Européens, tous les habitants du Niumi vivaient au bord de l'eau : océan, fleuve ou chenal. L'intérieur des terres, dans ces régions littorales, était peu peuplé et couvert d'une végétation dense. On cultivait sur la terre ferme, près des villages et donc des vasières, des espèces autochtones de la savane soudanienne parmi lesquelles le sorgho et le millet. Au sein de ces espèces, diverses variétés étaient distinguées et utilisées en conséquence, selon les sols et les pluies estimées. Le coton était également cultivé dans le Niumi, où il avait été introduit par le commerce transsaharien durant le premier millénaire après J-C (Wright, 2004). Les cultures en terre ferme ont été jusqu'au XX<sup>e</sup> siècle des cultures itinérantes sur brûlis (Brunel, 2004, Wright, 2004). Ceci pourrait s'expliquer par la courte saison des pluies, la pauvreté et la salinité éventuelle des sols, ainsi que par l'impossibilité de recevoir des apports d'engrais du fait de la présence de la trypanosomiase, qui empêchait la constitution d'un troupeau. Dans ce système de cultures sur brûlis, les jachères étaient particulièrement longues et les cultures alternées. Dans certains chenaux (les moins salés) de la Gambie, la riziculture était pratiquée (Wright, 2004).

Dans ce cadre d'exploitation des ressources où deux régions littorales exploitaient chacune plusieurs ressources et plusieurs milieux, trois grands axes de commerces existaient. Tout d'abord, les produits de la pêche ainsi que le sel étaient troqués auprès des peuples de l'intérieur contre des vêtements en coton, de l'or et des productions agricoles (Bouju, 1994 ; Cormier-Salem, 1999). Le fleuve Gambie était alors le principal axe de communication de ce commerce avec l'intérieur. À l'époque pré-coloniale, le commerce transsaharien était déjà en place : il concernait l'or, les esclaves, l'ivoire, la gomme, l'ambre, les épices et les peaux contre le coton, les tissus et le fer (Wright, 2004 ; Bart, 2004). Un autre axe commercial africain, l'axe Cacheu-Gambie, concernait le riz, le sel et les noix de cola. Son contrôle, qui était l'objet de conflits permettait la circulation pour le commerce avec les européens de l'ivoire et des esclaves (Bosc, 2005).

<sup>12</sup> Entendu au sens que lui donne le Petit Robert d' « ensemble d'individus que rapproche un certain nombre de caractères de civilisation, notamment la communauté de langue et culture ».

<sup>13</sup> Entre subdivisions des ethnies et regroupement en familles, la définition de certaines ethnies est complexe, tels les Diolas et les Feloups, qui sont, selon les auteurs un groupe au sein de l'ethnie diola, selon d'autres, le terme donné par les portugais en Guinée-Bissau aux Diolas et selon d'autres encore un groupe à part.

<sup>14</sup> Dans ces quelques pages où le travail de Wright sur Niumi est fréquemment cité, on adoptera sa définition historique du Niumi qui en plus de la rive nord de la Gambie comprend le sud du Saloum.



Le Niumi se situe à la conjonction de ces trois axes : trans-saharien, littoral-intérieur, Cacheu-Gambie. Cette localisation à l'interface des régions sahéliennes et forestières, la possibilité du contrôle de l'axe gambien et les faibles capacités de production agricole du Niumi ont probablement encouragé la mise en place d'un important commerce, ainsi que l'exploitation des ressources intéressant les sociétés avec lesquelles le commerce était possible. En effet, aux XIII<sup>e</sup> et XIV<sup>e</sup> siècles, le commerce a pris une importance certaine pour le Niumi dans le double contexte du développement du commerce transsaharien et de la création de l'empire du Mali. Durant cette période, une diaspora mandingue a été à l'origine de la création de pôles commerciaux et religieux qui ont pris une certaine importance et ont attiré l'attention des premiers commerçants européens (Wright, 2004).

Le premier contact par la mer entre les peuples des Rivières-du-Sud et les Européens daterait de 1365 mais les relations régulières ont réellement débuté dans les années 1440 (Cormier-Salem, 1999). Dès le XV<sup>e</sup> siècle, le commerce avec les Européens a apporté de nombreux changements. Lors des premiers contacts commerciaux, les peuples du Niumi auraient vendu aux Européens de l'or et des esclaves, ainsi que quelques produits alimentaires. Les produits étaient échangés contre des tissus et des barres de fer (Wright, 2004). Si le Niumi apparaît comme une région ouverte sur le reste du monde depuis la période précoloniale (Wright, 2004), on ne peut pas en dire autant pour les Diolas, et par extension de la Basse-Casamance et du Rio Cacheu. Les Baïnouks et Mandingues pratiquaient une riziculture de plateau et de bas-fonds mais se définissaient comme commerçants et pratiquaient en effet déjà un important commerce avec le Niumi (Cormier-Salem *et al.*, 1999). En revanche, les Diolas consacraient temps et main d'œuvre à la riziculture et à la gestion des troupeaux (Cormier-Salem *et al.*, 1999 ; Bosc, 2005). Les Diolas vendaient or, esclaves et cire aux Mandingues et Baïnouks en échange de bovins. Baïnouks et Mandingues vendaient ensuite ces produits aux Européens (Bosc, 2005). Si l'on suppose qu'il existe une relation entre les faibles productions agricoles et l'importance du commerce dans l'économie du Niumi, les systèmes rizicoles diolas, hautement productifs, pourraient expliquer un intérêt moindre pour le commerce avec les Européens. Les Diolas auraient apparemment vendu la cire aux Baïnouks. Cependant, si le commerce est moins important pour les Diolas que pour les peuples du Niumi, les Mandingues et les Baïnouks, il n'en a pas moins existé et pris de l'importance avec les siècles. Dès le XVI<sup>e</sup> siècle, le riz n'est plus vendu à l'intérieur des terres mais aux Européens. La vente du riz et d'esclaves a apporté aux agriculteurs diolas le fer pour leurs kadyendous<sup>15</sup>, leur permettant ainsi de perfectionner le principal outil de la riziculture de mangrove. Ce perfectionnement des outils a permis de mettre en valeur de plus grandes superficies de vases et ainsi, de produire plus de riz. Le fer a également, par la suite, permis de perfectionner les armes. Ceci aurait impulsé la phase d'expansion des Diolas sur les territoires baïnouks (Bosc, 2005, Cormier-Salem *et al.*, 1999).

Deux changements sont primordiaux pour la compréhension des paysages actuels. Premièrement, dès le XV<sup>e</sup> siècle, de nombreuses espèces cultivables ont été importées, les principales introductions en Afrique étant le maïs, la canne à sucre et l'arachide. Ces introductions ont considérablement amélioré les capacités de production et ont permis une situation nutritionnelle largement meilleure. Au cours du XVI<sup>e</sup> siècle, les commerçants européens installés en un certain nombre de comptoirs ont continué à importer d'Europe des espèces végétales comme le melon et la pastèque, et des espèces animales comme le porc et le poulet (des variétés de moindre qualité existaient déjà). Ils ont aussi et surtout importé depuis leurs autres comptoirs (tropicaux mais non africains) les espèces les plus importantes : la noix de coco, la banane, la banane plantain, d'autres variétés de riz, le piment, la papaye, la goyave, le tabac. Le deuxième changement est l'importation du fer qui a permis la construction d'outils facilitant l'agriculture et d'armes modifiant les rapports entre les groupes. L'enrichissement par le métal des houes, machettes et kadyendous et la possibilité de produire plus a permis non seulement de mieux nourrir une population qui a pu augmenter, mais aussi de nourrir les garnisons européennes des comptoirs et d'augmenter par là le commerce avec les Européens. La rive nord de la Gambie aurait été le principal centre d'intérêt des comptoirs jusqu'aux années 1940 où les systèmes agricoles du Niumi se seraient détériorés, conduisant les comptoirs à s'intéresser aux régions plus méridionales (Wright, 2004, Bosc, 2005).

Un certain nombre de traits caractéristiques des paysages actuels et de leur répartition semblent se révéler comme des héritages de l'époque pré-coloniale. Premièrement, la géographie ethnique qui s'est mise en place, si tant est que l'on puisse parler de mise en place pour une géographie aussi mouvante à cette

---

<sup>15</sup> Cf. note 8.

période, semble jouer un rôle. La géographie des paysages de palmeraies est assez conforme à celle des ethnies Diola et Balante. Les paysages agro-sylvo-pastoraux diffèrent notablement dans les secteurs de peuplement essentiellement et anciennement wolof de ceux des secteurs de peuplement essentiellement et anciennement sérères. La mise en place de la géographie des ethnies est donc un premier facteur explicatif de la géographie des paysages. Deuxièmement, les espèces agricoles importées d'autres parties de l'Afrique ou d'autres continents ont joué un rôle important dans la construction des paysages actuels.

### 1.2.1.2. Mise en place de la dépendance au marché international : la période coloniale

Si la période précoloniale a marqué les paysages jusqu'à aujourd'hui, cela devrait être encore plus vrai pour la période coloniale, plus récente.

Jusqu'au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, la présence des Européens en Afrique reste limitée à quelques comptoirs littoraux au Sénégal pour les Français, en Gambie et en Sierra Leone pour les Britanniques. Durant cette période, les commerçants luso-africains servant d'intermédiaires ont vu leur importance croître jusqu'à contrôler une partie du commerce (Cormier-Salem, 1999). Avec la colonisation apparaît une économie d'échanges qui se fonde sur la création de ports, de villes et de voies ferrées. La colonisation hiérarchise l'espace africain en créant la suprématie des littoraux le long desquels se créent des villes, localisation privilégiée pour le commerce avec l'Europe par voie maritime. Dans ce cadre, l'Europe s'intéresse à certains produits venus d'Afrique qui peuvent intervenir dans des productions industrielles, comme l'huile de palme pour la fabrication des bougies et des savons, ou remplacer des productions européennes comme l'arachide pour l'huile (Brunel, 2004). Pendant ce temps, en Afrique, on recherchait des produits à exporter pour continuer à s'approprier des productions européennes.

Dans le sud, les Diolas se sont de plus en plus intéressés à la vente des esclaves sans jamais donner au commerce une importance supérieure à celles de la production du riz et de la gestion du troupeau. Une série de produits vont être successivement au centre de leur activité commerciale. Tout d'abord, le caoutchouc issu des lianes de *Landolphia heudelotii* et *Landolphia dulcis* va intéresser les colons dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Ce commerce a été à l'origine d'une immigration dans le Boulouf, d'où le caoutchouc était extrait. Cependant, entre 1910 et 1913, il a rapidement été concurrencé par celui issu de l'hévéa. Durant et après cette période de commercialisation du caoutchouc, l'huile de palme a également été exportée par les peuples de la Casamance et du Rio Cacheu. Ces productions et leur vente aux comptoirs de Banjul et de Carabane semblent avoir été liées aux mauvaises années de récoltes du riz et au besoin d'en acheter. La gestion de la complémentarité entre vasières et terre ferme s'effectue ainsi dès le XIX<sup>e</sup> siècle entre rizières et agroforêt. Dans le nord, à cette même période, les paysans se convertissaient à la production de l'arachide.

Quand, en 1830, l'administration coloniale britannique fait examiner une production d'arachide pour en déterminer les possibilités agroalimentaires et industrielles, l'arachide n'était pas, jusque là, considérée comme une culture intéressante en Afrique de l'Ouest, ni par les Africains, ni par les colons. Elle devient alors un produit intéressant et dans les années 1840, le Sénégal et la Guinée-Bissau commencent, eux aussi, à en produire. Il faut, en revanche, attendre la fin des « guerres saintes<sup>16</sup> » en Casamance pour que la culture de l'arachide y apparaisse. Ces phases d'expansion correspondent aux débuts des principaux défrichements de la terre ferme qui se poursuivent encore aujourd'hui (Sidibé, 2005). De nombreux facteurs ont favorisé la grande extension de la culture de l'arachide en Gambie : un climat qui permettait de produire à la fois l'arachide et les productions vivrières, la grande part de terres non exploitées aisément mises en cultures et le maintien de l'esclavagisme qui offrait une main d'œuvre importante. L'importante production d'arachide s'expliquait aussi par une migration saisonnière de populations venues probablement de l'actuel Mali et de l'actuelle Guinée pour cultiver l'arachide dans ces secteurs où la production trouvait un débouché. Enfin, l'absence de prélèvement de taxes par les élites africaines sur cette production, contrairement à ce qui se passait sur le mil, a incité les paysans à la favoriser. Au milieu et à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la quasi-totalité de la population masculine était impliquée dans la production

---

<sup>16</sup> Les « guerres Saintes » au Sénégal ont été une période d'islamisation des peuples polythéistes animistes par les Peuls.

arachidière. Les hommes ayant une autre profession, comme les menuisiers ou les forgerons, interrompaient leur travail pour produire et les étudiants des écoles coraniques cultivaient pour leurs enseignants (Wright, 2004).

Dans les régions plus au Sud, les productions pour l'exportation (huile de palme, noix de cola et caoutchouc de *Landolphia sp.*) sont des productions de contre-saison, permettant aux populations d'assurer leur propre subsistance. En revanche, les producteurs d'arachide ont choisi d'y consacrer une telle part de leur temps de travail et des surfaces cultivées que la production destinée à leur consommation propre (mil et riz) n'a plus été suffisante. Le Niumi est ainsi devenu importateur régulier de mil et de riz au cours des années 1850. C'est d'ailleurs du riz asiatique ou américain qui a été vendu aux agriculteurs du Niumi (Wright, 2004). Or, le décalage entre la saison de la vente de l'arachide (décembre – avril) et la période de la soudure (juin – août) a offert aux marchands européens l'occasion d'« enchaîner » les agriculteurs de Gambie et du Bas-Saloum dans un système de dettes, et donc de dépendance encore plus grande aux fluctuations des marchés internationaux du riz et de l'arachide. La prise en compte du marché de l'arachide est ainsi devenue aussi importante que la prise en compte de la qualité de la saison des pluies pour les choix des cultures effectués en début de saison agricole (Wright, 2004).

Si l'essentiel des secteurs de défrichement et de l'aménagement des mangroves pour la riziculture semble avoir débuté durant la période pré-coloniale, la construction de principaux paysages agricoles de terre ferme par défrichement de la savane date de la période coloniale. Elle a débuté dans la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle (Wright, 2004) et se poursuit encore aujourd'hui (Sidibé, 2005). Cependant, si la période précoloniale est remarquable par l'apparition de nouveaux types de paysages encore présents aujourd'hui, la période coloniale se caractérise plus par une modification de leur structure et de leur importance respectives que par l'apparition de nouveaux types de paysages

### 1.2.1.3. Indépendance, et ajustement structurel

La structure actuelle des paysages prend ses racines très loin dans l'histoire rurale. Quelles évolutions socio-économiques récentes, datant de la période étudiée ou de la période précédente, ont-elles impulsé les changements des paysages à l'œuvre ces trois dernières décennies? La phase la plus récente de l'histoire des paysages agricoles et forestiers des régions septentrionales des Rivières-du-Sud correspond à une période historique où les trois états (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau) vont s'engager dans des voies totalement différentes.

#### *Sénégal*

Le Sénégal est la première des trois nations concernées par cette étude, à avoir, le 4 avril 1960, acquis son indépendance. D'un point de vue agricole et forestier, l'État sénégalais indépendant a pris peu de distance vis-à-vis des choix effectués par l'administration coloniale. Ainsi, la plupart des structures telles que les forêts classées sont maintenues.

Dans le Saloum (comme ailleurs), dans les années 1960 et 1970, l'État opte pour une politique de développement de la culture de l'arachide, aidée par des interventions étatiques. Durant cette période les méthodes de cultures se sont modernisées, avec principalement les cultures attelées. En 1970, la SO.DE.V.A. (SOciété de DÉveloppement et de Vulgarisation Agricole) préconise le dessouchage des champs pour aider le labour attelé. (Sidibé, 2005). Il s'agit également de la période pendant laquelle l'État se désengage progressivement de ses aides au monde rural. Sidibé (2004) situe à la deuxième décennie post coloniale « le grignotage de beaucoup d'autres [forêts classées] (Saloum, Fouladou) » (Sidibé, 2004).

En Casamance, dans la première décennie après l'indépendance, des opérations d'aménagements hydro-agricoles sont effectuées, mais qui restent mineures par rapport aux aides à la culture de l'arachide. Il faut attendre les ajustements structurels imposés par les institutions économiques internationales dans les années 1980 pour que des aides (non étatiques) réaffirment la spécificité rizicole (Bosc, 2005). Pendant ce temps, dès 1960, débute la déprise agricole. Les cultures de terre ferme ont reculé, ainsi que la riziculture.



Bosc (2005) évoque « la disparition quasi effective des rizicultures de mangrove dont les exigences en force de travail et en eau pour le lavage des sols sont incompatibles avec les disponibilités actuelles ». A la riziculture de mangrove « se substitue une riziculture pluviale, plus sommaire et moins productive à l'hectare qui se pratique en culture pluviale plus ou moins stricte sur les versants [...], comme une culture pluviale non sécurisée au plan hydrique en dépit des systèmes sophistiqués décrits par Pélissier à la fin des années 1950 – mais actuellement profondément déstructurés. »

L'autre point marquant la Casamance est une guerre civile indépendantiste. Elle a débuté en 1981 sans être encore réellement achevée, bien que le conflit soit toujours plus larvaire. La dénonciation de la part des indépendantistes d'un comportement colonial depuis le nord qui pille les ressources de la Casamance, sans y investir l'argent nécessaire à l'aménagement et à l'équipement, fait face à la sauvegarde de l'unité nationale et à la lutte contre l'éclatement du Sénégal, les deux secteurs forestiers et frontaliers (au sud dans le Kassa et au Nord dans le Fogny), étant aujourd'hui les deux secteurs contrôlés par les rebelles.

### *Gambie*

La Gambie accède à l'indépendance le 18 février 1965, avec pour premier ministre Sir Dawda Kaibara Jawara, à l'issue d'un référendum populaire. D'un point de vue agricole, le réflexe a été le même que celui de l'état indépendant sénégalais : le pari du tout arachide et les objectifs de production maximale et d'exportation totale. Les deux années qui suivent l'indépendance et précèdent la sécheresse sont en effet des années de haute production où l'état a acheté la production des agriculteurs à un prix assez élevés. L'effondrement des cours allié à la sécheresse n'a pas infléchi cette politique et l'arachide est restée au centre de l'économie nationale.

### *Guinée-Bissau*

En 1961, le Parti africain pour l'indépendance de la Guinée et du Cap-Vert (PAIGC) entame une rébellion armée contre le Portugal. Après une rapide victoire, le parti contrôlait une grande partie du pays en 1968. Mais durant cette période et les années qui suivirent, la Guinée-Bissau fut le plus souvent en guerre civile. Ainsi, la population masculine, constituant la main d'œuvre nécessaire à la production agricole, fait de plus en plus défaut. Un grand nombre de systèmes agraires se dégradent durant cette période.

En 1973, l'Assemblée Nationale du PAIGC déclare l'indépendance de la Guinée-Bissau, mais l'indépendance est totalement obtenue l'année suivante après la chute de Salazar. Luis Cabral dirige le pays pendant six ans selon un modèle socialiste à parti unique qui mène à la nationalisation totale de l'économie. Le renversement de Cabral par Vieira en novembre 1980 marquera la fin de cette période économique où les structures agraires n'ont que très partiellement pu se remettre des dégradations liées au manque de main d'œuvre, alors que les systèmes se dégradent avec la péjoration climatique. C'est dans ces années où l'ajustement structurel est imposé, qu'a débuté la conversion des agroforêts en vergers d'anacardiens, important héritage du contexte historique postcolonial dans les paysages actuels.

Le premier type d'événement de l'histoire contemporaine qui semble avoir provoqué des évolutions des paysages est d'ordre économique. Après les indépendances, un certain nombre de subventionnements avaient été mis en place pour « supporter » les cultures et temporiser les fluctuations des cours économiques et les accidents climatiques. Les politiques liées à l'ajustement structurel ont mené à l'arrêt des subventions, rendant les paysans nettement plus vulnérables aux effondrements des cours économiques de leurs produits et aux accidents climatiques.

Le deuxième type d'événement est l'apparition ou la fin de troubles politiques comme les guerres civiles qui démobilisent la main d'œuvre jeune et masculine et provoquent des mouvements d'émigration. Ainsi le Nord de la Guinée-Bissau a connu ensuite une importante diminution de la main d'œuvre durant la guerre civile mais a connu une immigration issue de la Casamance dans les années 1980 quand les troubles se sont situés de l'autre côté de la frontière.

**Pour une histoire agricole et forestière des régions septentrionales des Rivières-du-Sud (1.2.1)**

La période couverte par cette étude hérite de formes de cultures précoloniales qui se sont maintenues comme la riziculture de mangroves ou qui ont constamment évolué comme les autres activités agroforestières. A l'ère précoloniale, les déplacements ethniques et les guerres interethniques ont modifié la carte des grandes zones de cultures. L'époque coloniale apparaît comme une transformation progressive des systèmes de production et des types de paysages qui en résultent, essentiellement par accroissement des zones cultivées (favorisation de l'arachide). A l'ère postcoloniale, des choix ont été faits de poursuivre l'extension des zones de culture (Saloum), de parier sur de nouvelles cultures (Anacardier en Guinée-Bissau). A cette période, des ruptures se sont opérées (déprises rurales en Casamance).

## 1.2.2. Variation spatiale et variabilité temporelle du climat

Le climat est l'un des facteurs expliquant la géographie des paysages (Godron et Joly, 2008). En effet, du nord au sud, l'importance du gradient climatique explique dans une grande mesure les différences de paysages et de flore. Celui-ci sera donc d'abord présenté (1.2.2.1). Or, selon la majorité des auteurs, dont les différentes références seront plus amplement détaillées ci-dessous (1.2.2.2), le climat, et notamment la pluviosité, a beaucoup fluctué ces dernières décennies. Une des principales questions discutées ultérieurement, justifiant cette présentation des fluctuations du climat ces dernières décennies, est la suivante : dans quelle mesure la fluctuation du climat peut-elle être un facteur de changement des paysages ? Pour pouvoir étudier cette question dans le cadre précis de notre zone d'étude, nous allons, à l'aide de données des stations météorologiques sénégalaises et des ré-estimations de pluviosités du LOCEAN (Sultan, 2000), examiner comment ces fluctuations se sont concrétisées dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud (1.2.2.3).

### 1.2.2.1. Le gradient climatique

Le balayage de l'Afrique de l'Ouest par le front inter-tropical (F.I.T.) est à l'origine d'un gradient climatique fort qui influence la géographie des paysages végétaux et la flore dans une proportion et suivant des modalités qu'il faudra préciser. Le climat des régions septentrionales des Rivières-du-Sud est lui aussi constitué d'un gradient sud-nord d'aridité croissante. Ce gradient est d'autant plus important qu'il combine le total des précipitations annuelles, la durée de la saison des pluies et l'évapotranspiration. Les isohyètes annuelles présentent une disposition zonale est-ouest, avec cependant un infléchissement vers le nord-ouest puisque la mousson frappe de plein fouet cette côte. (Michel, 1973). La figure 6, par la relative régularité des isohyètes, laisse supposer l'existence d'un gradient régulier ne présentant pas de réelle accélération dans ce secteur. La deuxième information apportée concerne la variation est-ouest de la pluviosité. En effet, l'ensemble des courbes marque un net fléchissement vers le nord dans une bande entre 50 km et 100 km de la côte. Ainsi, le littoral, au sens strict, est légèrement plus sec, à l'instar de l'intérieur, la bande longitudinale intermédiaire apparaissant comme la plus humide.

Avec entre 450 à 920 mm de précipitations annuelles cumulées à Kaolack (avec un rapport pluviométrie / évaporation de 0,34) et 1520 à 2030 mm à Bissau (rapport pluviométrie / évaporation de 0,95), les régions septentrionales présentent la gamme climatique correspondant parfaitement à la définition du Soudan climatique entre climat sahélien et climat guinéen. Cependant cette zone, loin d'être homogène, présente un gradient qu'il s'agit de décrire plus précisément. L'extrême nord de notre zone d'étude peut être représenté climatiquement par la station météorologique de Kaolack (figure 7). Elle présente une moyenne annuelle de 650 mm de précipitations<sup>17</sup>. De très faibles précipitations sont relevées en mai et juin, la saison des pluies débute réellement en juillet et s'étend jusqu'en septembre. Quelques rares précipitations sont relevées au cours des mois d'octobre et parfois de novembre. La température est assez régulière avec un maximum en fin de saison sèche (Dacosta, 1992).

<sup>17</sup> Calculée sur la base d'une série de 1950 à 1995

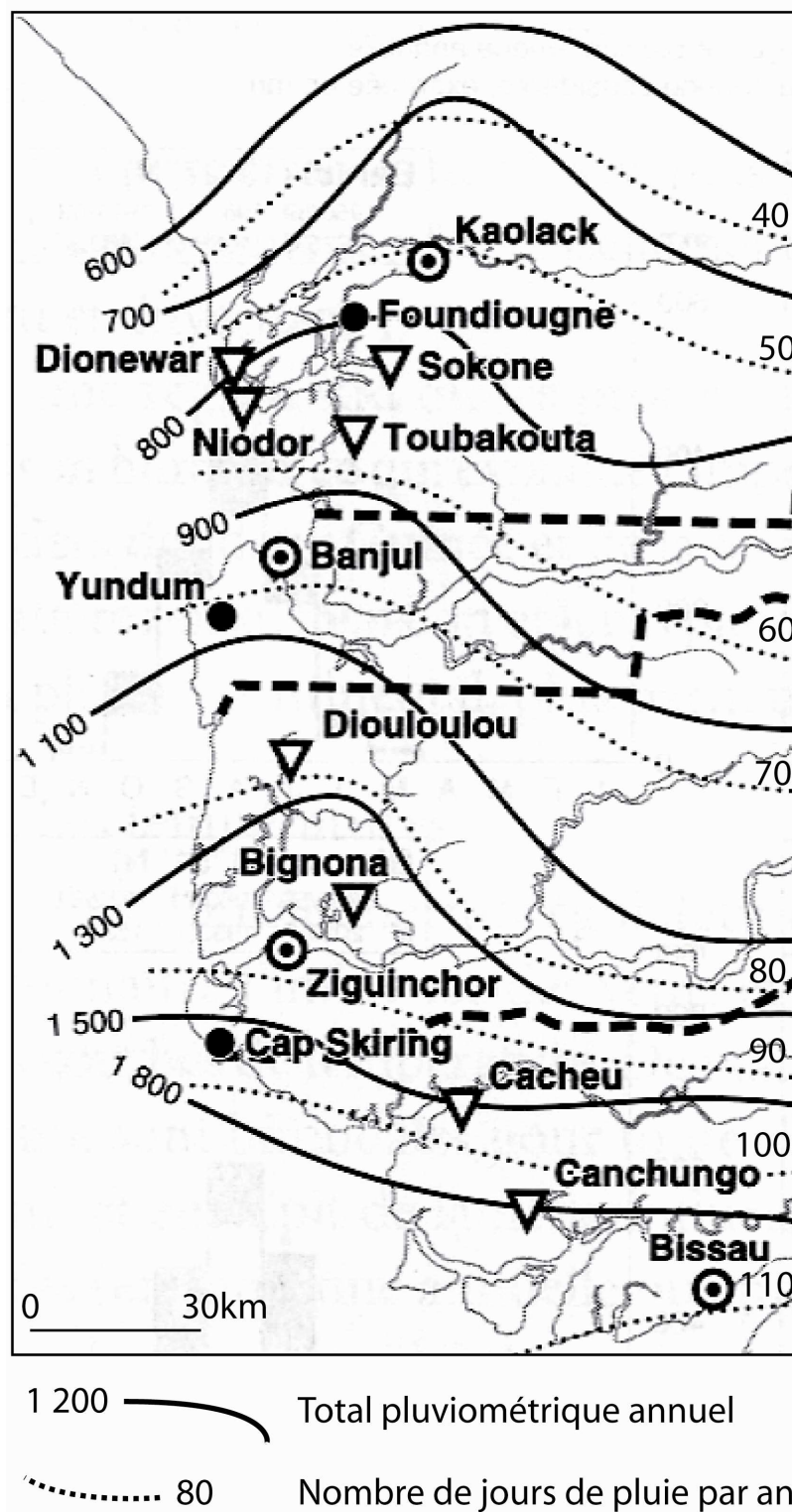


Figure 6 : Carte de la pluviosité dans les Régions septentrionales des rivières du Sud (source : Baurusseu *et al.*, 1999)

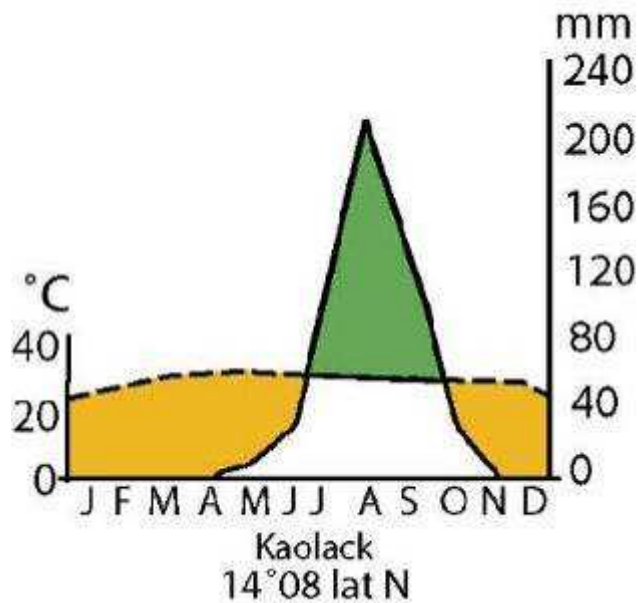


Figure 7 : Diagramme ombrothermique de Kaolack (source : Baurusseau *et al.*, 1999)

L'extrême sud de la notre zone d'étude peut être représentée climatiquement par la station météorologique de Bissau (figure 8). La station de Bissau présente une moyenne annuelle de 1440 mm<sup>18</sup>. D'importantes précipitations sont relevées dès le mois de juin et jusqu'au mois d'octobre. La température, régulière ici aussi, présente deux minima : l'un au début de la saison des pluies et l'autre au début de la saison sèche.

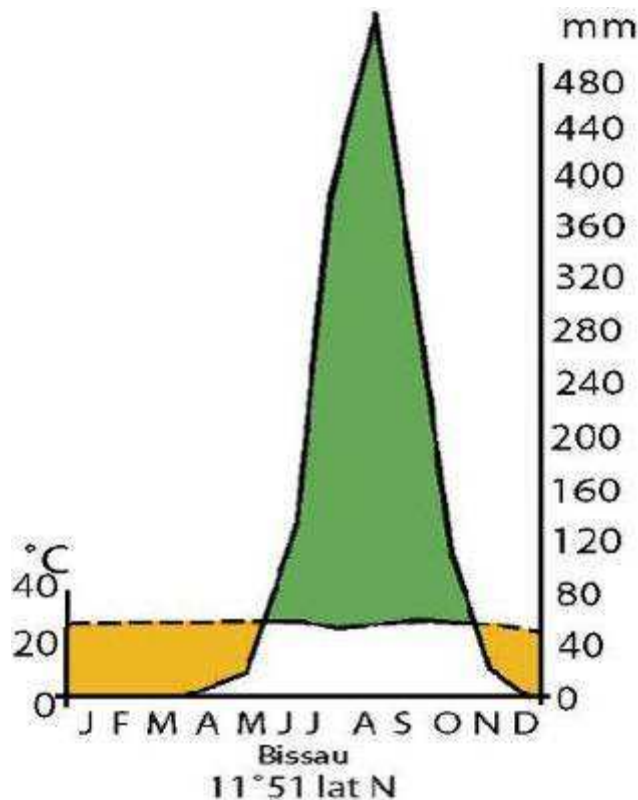


Figure 8 : Diagramme ombrothermique de Bissau (source : Baurusseau *et al.*, 1999)

<sup>18</sup> de précipitations calculée sur la base d'une série de 1991 à 1999, ce qui rend délicate la comparaison avec la valeur précédente, cependant, l'ampleur du contraste est telle que l'on peut espérer que la marge d'imprécision reste négligeable pour la question ici posée du gradient spatial.

### 1.2.2.2. Rappel du débat sur la fluctuation de la pluviosité

En Afrique en général et plus particulièrement dans les parties les plus occidentales de la bande soudanienne (Mahé et L'Hôte, 1995), à la fin des années 1960 et sur plusieurs années successives, des totaux pluviométriques très bas sont enregistrés. La communauté scientifique s'est dès lors attelée à une surveillance systématique des précipitations. Les premiers travaux, considérant comme « normale » la pluviosité des années 1950, ont quantifié la péjoration de la pluviosité au cours des années 1970 et 1980 par rapport à celle-ci et mesuré des écarts très importants à la normale. (Dacosta, 1992). Si Chappell et Agnew (2004) ont démontré que l'apparent changement climatique ouest-africain est un artefact lié aux changements de localisation des stations climatiques, cette thèse est amplement critiquée (Dai *et al.*, 2004) et le reste de la communauté scientifique s'accorde sur la réalité de la péjoration de la pluviosité (Philippon, et Fontaine, 1999), dont les variations s'expliquent plus par le nombre d'événements orageux que par leur volume pluviométrique (D'Amato et Lebel, 1998).

Devant la longueur de la période de sécheresse, la discussion s'est établie entre la thèse d'un cycle non encore perçu comme tel (Servat *et al.*, 1997 ; Bernus et Savonnet, 1973) par des analyses trop souvent discontinues, irrégulières, de séries chronologiques trop courtes, et donc l'annonce d'une reprise et la thèse d'une dégradation irréversible de la pluviosité (Dacosta, 1992). Ce débat s'est d'abord enrichi de la prise en considération de la pluviosité des années 1950 – 1960 comme celle d'une période exceptionnellement humide (Hulme, 2001) qui constitue une amélioration récente de la compréhension des cycles de la pluviosité à l'échelle du siècle.

Dans un deuxième temps, le débat s'est enrichi de la prise en considération de l'augmentation récente de la pluviométrie dans un grand nombre de stations à partir du milieu des années 1990. Celle-ci a été caractérisée comme une reprise globale de la pluviosité en Afrique de l'Ouest (Nicholson, 2005) ou comme une progression sur un temps d'analyse trop court pour être confirmée comme une tendance assurée (Fall *et al.* 2006). Le graphique issu de Nicholson (2005) (figure 9), montre assez bien que de la moitié des années 1940 à la fin des années 1960, l'Afrique de l'Ouest a connu une phase humide. L'année 1968 marque le début de la phase de sécheresse qui connaît des précipitations de plus en plus faibles jusqu'en 1983-1984, puis une augmentation progressive, faisant placer chez quelques auteurs la limite de cette phase et le début d'une nouvelle phase humide au milieu des années 1990. La juxtaposition des séries chronologiques montre un visage plus complexe du gradient pluviométrique que le simple énoncé des normales et montre avant tout l'évolution des totaux annuels. Bissau enregistre une précipitation moyenne annuelle de 2037 mm dans les années 1950 contre 1521 mm dans les années 1980.

Nicholson (2005) précise que le regain de précipitations concerne l'ensemble de la saison des pluies et non seulement le cœur de celle-ci (le mois d'août) ; ce regain est particulièrement marqué en Afrique de l'Ouest et, en son sein, dans la frange sud du Sahel. Cependant, en ce qui concerne le caractère significatif de cette reprise, la communauté est plus divisée. Si certains auteurs s'accordent sur ce regain, (Dai *et al.*, 2004 ; Sultan *et al.*, 2005) d'autres considèrent que la pluviosité ne s'est pas concrètement améliorée et que les conditions de sécheresse des années 1980 sont encore présentes (L'Hôte *et al.*, 2002) comme les irrégularités et les phases sèches durant la saison des pluies.

Malgré les discussions nombreuses et les conclusions contradictoires, il paraît raisonnable, comme le montre la figure 9, de distinguer trois périodes : une période humide avant la fin des années 1960 ; une période sèche au cours des années 1970 et 1980 et une période de pluviosité moyenne depuis le milieu des années 1990 (Nicholson, 2005). Sur la figure 9, on peut lire que les années non exceptionnelles à Bissau avant 1968 connaissent des totaux entre 1900 et 2200 mm, les années normales de la phase de sécheresse, connaissent des totaux entre 1400 et 1700 mm, ce qui correspond aux valeurs normales de la phase humide pour la station de Ziguinchor. Après 1968, Ziguinchor connaît des précipitations annuelles de l'ordre de 1000 à 1400 mm, qui correspondent aux bonnes années, non exceptionnelles à Banjul durant la phase humide. Ce déplacement en latitude des isohyètes se retrouve également pour Banjul et Kaolack qui a recensé 922 mm de précipitations moyennes annuelles dans les années 1950 contre 449 mm dans les années 1980.

Notons que, durant la période de sécheresse, c'est le nombre d'événements pluvieux et non la quantité moyenne de précipitations de ces événements qui a fortement diminué (Le Barbé et Lebel, 1997).



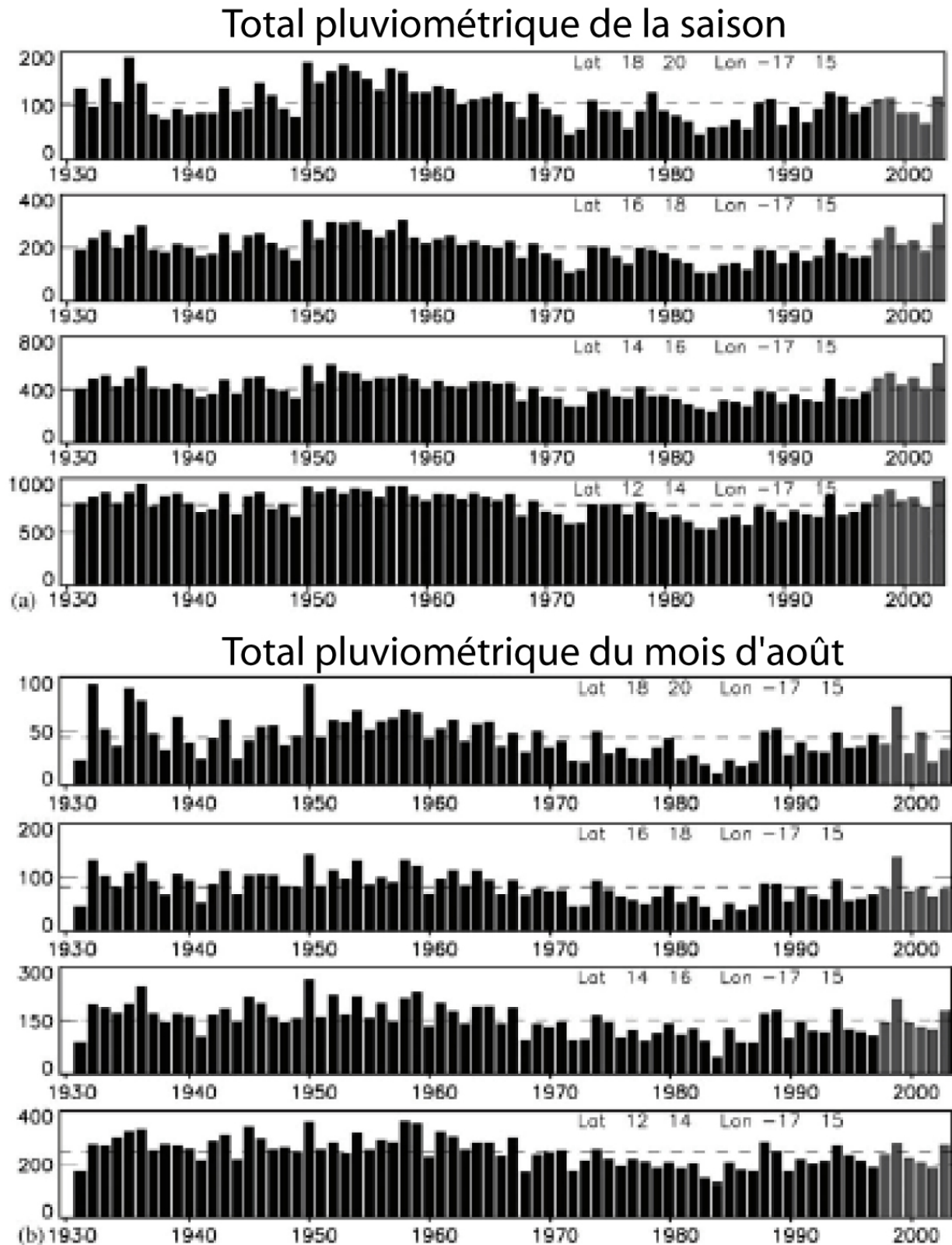


Figure 9 : Diagramme de variation de la pluviosité de 1930 à 2000 (source : Nicholson, 1950)



### 1.2.2.3. Les Rivières-du-Sud : conformité à la tendance mais disparités régionales

Les fluctuations du climat ayant été amplement et régulièrement étudiées et discutées (Hulme, 2001, Nicholson, 2001), nous ne chercherons aucunement ici à les discuter à nouveau. Cependant, possédant un certain nombre de données (Base de données de pluviométries ré-estimées, données mensuelles de 1900 à 2000 sur une grille d'un quart de degré<sup>2</sup> de latitude et longitude Sultan, 2000), nous chercherons à extraire de nouvelles données, les plus adaptées à notre étude, pour poser quelques questions propres à notre thèse : Existe-t-il une particularité de la zone étudiée dans les fluctuations récentes de la pluviosité ? Quelles sont les variations micro-régionales des tendances climatiques ?

Les quatorze cellules correspondant à la zone d'étude ont été extraites de cette base de données, sur les cent ans qu'elle couvre. Le calcul du total annuel des précipitations, ainsi que la moyenne des cellules, permettent d'observer la fluctuation des précipitations le long du XX<sup>e</sup> siècle. De 1900 à 1910, la pluviosité présentait une variabilité entre de bonnes années proches de 1900 mm et des mauvaises années autour de 1000 mm. Entre 1910 et 1920, une courte phase de faibles précipitations apparaît avec des variabilités d'amplitude moyenne (600mm) et un minimum en 1915. La pluviosité croît ensuite progressivement de 1916 à 1940. Une année de très faible pluviosité en 1941 annonce une nouvelle phase de faibles pluviosités de 1944 à 1949, de faibles amplitudes et de pluviosité croissante. De 1950 à 1967, on constate une nouvelle phase de fortes pluviosités avec des maxima à 1700 mm ou 1800 mm et des minima rapidement décroissants. Entre 1967 et 1968, la pluviosité passe de 1924 à 714 mm. Outre cette très grande amplitude, ce seuil marque une nouvelle phase où les maxima et minima sont nettement inférieurs à ceux des périodes précédentes, y compris à ceux des années 1915 et 1945. La variabilité, au sein de cette période, est de 300 à 700 mm entre les années humides et sèches. Les maxima (et avec une moindre netteté les minima) décrivent une courbe qui régresse jusqu'à la fin des années 1980 pour croître jusqu'à la fin du XX<sup>e</sup> siècle. Si 1990, 1991 et 1992 sont trois années consécutives de faible pluviosité, les années 1994 à 2000 pour lesquelles on observe toujours une tendance à la croissance, ne présentent plus de minima en dessous de 900mm, les années 1999 et 2000 étant au niveau des années moyennes des phases humides précédentes.

Cette courbe, de façon beaucoup plus synthétique, a connu pour la période qui nous intéresse ici une phase très humide jusqu'à la fin des années 1960, une phase de sécheresse croissante de la fin des années 1960 au milieu des années 1980 et une tendance à l'amélioration depuis, plus marquée à partir de 1994. **Les évolutions de la pluviosité des régions septentrionale des Rivières-du-Sud sont donc conformes à celle connue et décrite par les climatologues sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest (Hulme, 2001, Dai *et al.*, 2004, Nicholson, 2005).**

La même base de données peut être exploitée pour mettre en évidence les modalités précises des fluctuations spatio-temporelles.

Pour cela on effectue la moyenne sur chaque cellule des trois phases précédentes,

- **1950 à 1967** : phase humide,
- **1968 à 1994** : phase sèche,
- **1995 à 2000** : phase médiane.

On peut ainsi cartographier la pluviosité moyenne des trois phases et surtout mesurer et cartographier la différence normalisée entre les phases. La figure 10 montre la différence normalisée entre la phase humide des années 1950 et 1960 et la phase sèche des années 1970 et 1980.

La différence normalisée se présente à l'échelle des régions septentrionales des Rivières-du-Sud comme un gradient du nord ouest au sud est. Ainsi, la Petite Côte, le Delta du Saloum et le Kombo sont caractérisés par des déficits de 20 à 23% alors que les rives du Rio Mansoa et la presqu'île de Biombo-Quinhamel sont caractérisées par un déficit de 10%. Le Bas-Saloum continental, le Fogny gambien et l'ouest Casamançais ont connu des déficits avoisinant les 15 %. L'est Casamançais et l'extrême nord-ouest de la Guinée-Bissau ont connu des déficits entre 12 et 14%.

La figure 11 montre la différence normalisée de précipitations entre la phase sèche et la phase médiane après 1994. L'importance de cette différence ne présente pas la même structure spatiale que sur la carte précédente. Deux secteurs connaissent une amplitude assez forte.

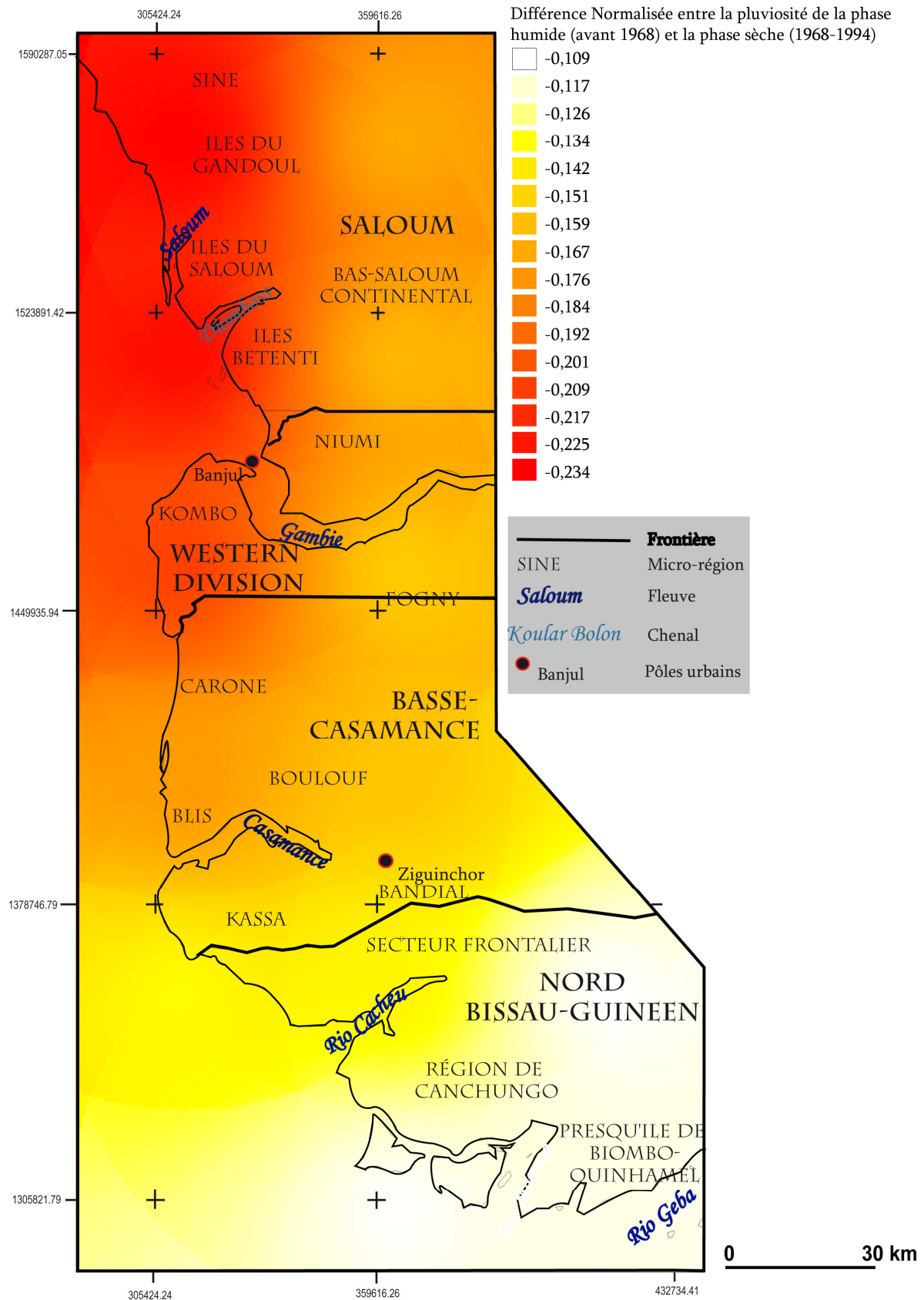


Figure 10 : Différence normalisée de la pluviosité entre la phase humide et la phase sèche (source Sultan, 2000)

## Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud

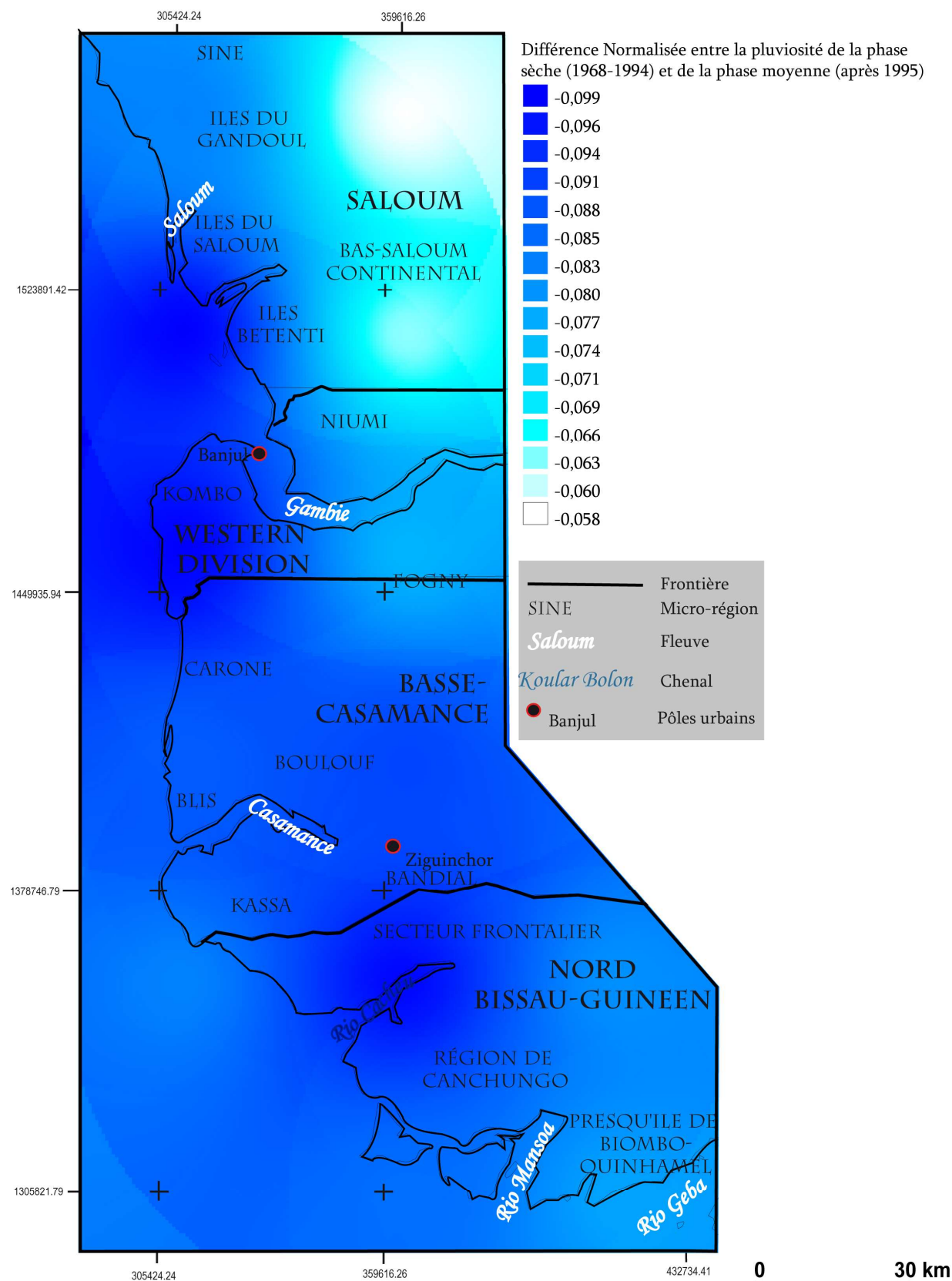


Figure 11 : Différence normalisée de la pluviosité entre la phase sèche et la phase moyenne (source Sultan, 2000)

Le premier ensemble est constitué du sud du Delta du Saloum, du Niumi<sup>19</sup> et du Kombo dont les précipitations ont été entre 1994 et 2000 près de 10 % supérieures à celles de la phase 1967 à 1994. Le secteur du Rio Cacheu, notamment son embouchure, est lui aussi caractérisé par une amplitude similaire de la reprise des pluies. Le nord-ouest de la zone vers l'amont du fleuve Saloum est caractérisé par le plus faible taux de reprise, autour de 5 %. Les autres régions sont d'amplitude intermédiaire, l'ouest de la Basse-Casamance et le Fogny vers 8 % de précipitations supplémentaires, le Fogny et la région de Bissau vers 7 % de reprise.

### Variation spatiale et variabilité temporelle du climat (1.2.2)

La région est caractérisée par un gradient climatique entre 600 mm annuels au nord et 1800 mm au sud. Les changements rapides que l'on note dans l'histoire socio-économique de la région se retrouvent aussi dans la tendance climatique où les fortes variations interannuelles s'ajoutent à l'alternance de phases sèches et humides. Plus précisément, l'Afrique de l'Ouest a connu une phase très humide de 1950 à 1968, puis une phase très sèche de 1968 à 1994 et connaît une phase relativement humide depuis. Entre la période humide précédant l'année 1968 et la période sèche qui a suivi, les écarts de plusieurs centaines de millimètres correspondent à plusieurs centaines de kilomètres de déplacement latitudinal pour les isohyètes.

L'examen des statistiques climatiques de notre région d'étude s'est révélé riche en enseignements. D'une part, il a permis de confirmer que cette portion du littoral ouest-africain a connu des évolutions dans la norme de celles de l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest. Une phase humide durant les années 1950 s'achève progressivement avec un seuil en 1968. Cette phase de sécheresse s'étend beaucoup plus que les précédentes du XXe siècle, s'aggravant jusqu'au début des années 1980. A partir de cette période, la pluviosité a progressivement repris, jusqu'à pouvoir considérer que depuis 1994, la région est dans une phase de pluviosité moyenne. D'autre part il a montré que les amplitudes du changement climatique n'ont pas été les mêmes d'une région à l'autre. Entre les années 1960 humides et les années 1970 et 1980, sèches, la plus grande amplitude est connue par le delta du Saloum et le Kombo qui ont connu entre 20 et 23 % de déficit. Entre la phase sèche et la nouvelle phase humide, Les îles Betenti, le Kombo et le Rio Cacheu ont connu les plus grandes amplitudes avec près de 10% de progression.

### Les facteurs passés de changement (1.2)

L'examen de l'histoire des activités rurales et des récentes fluctuations du climat permet de présenter les régions septentrionales des Rivières-du-Sud comme des systèmes mobiles connaissant des évolutions régulières voire cycliques. En effet, en ce qui concerne l'histoire des paysages, c'est le caractère dynamique qui ressort particulièrement avec des sociétés rurales qui s'adaptent en permanence aux variations de leur environnement économique et politique.

L'examen des fluctuations du climat fait apparaître des fluctuations au sein desquelles les années 1950 et 1960 apparaissent comme particulièrement pluvieuses, les années 1970 et 1980, comme particulièrement sèches et les années 2000 comme relativement humides.

Ces deux thèmes concordent pour laisser présager des changements fréquents et importants dans les paysages et la végétation du littoral ouest africain.

<sup>19</sup> A partir de là et jusqu'à la fin du mémoire, Niumli est de nouveau entendu au sens actuel de la seule rive nord (ouest) de la Gambie.

### 1.3. Contextes physique et humain et dégradation des paysages

Cette synthèse bibliographique a permis de lister et décrire un certain nombre de types de paysages. L'histoire récente des activités rurales et de la pluviosité a mis en évidence d'importants facteurs de changement de celles-ci. Il reste à décrire les facteurs actuels de dégradation ainsi que les formes de dégradations elles-mêmes. Nous présenterons donc pour les vasières (1.3.1), puis pour la terre ferme (1.3.2), le cadre humain et le cadre physique dans lesquels s'insère chaque type de paysage, les facteurs de dégradation qu'ils constituent et les processus de dégradation eux-mêmes.

L'essentiel des facteurs de dégradation sont locaux et propres à un type de paysage particulier. Cependant, on retrouve la pauvreté, souvent présentée comme l'une des causes de dégradation, et qui est générale à la zone d'étude et aux milieux et paysages qui la composent. Il est nécessaire de la présenter et de débattre de sa bonne prise en compte en tant que facteur de dégradation.

#### *Pauvreté et développement en Afrique de l'Ouest*

L'Afrique est un continent qui, par ses 30 millions de km<sup>2</sup> et ses 820 millions d'habitants au début des années 2000, présente une grande diversité humaine, naturelle et historique. Les modes de gestion des ressources naturelles seront ici étudiés sur le littoral ouest-africain. En outre, ceux-ci étant fortement liés au niveau de développement, un bref rappel des conditions de développement de l'Afrique sub-saharienne se justifie.

Le niveau de développement de l'Afrique sub-saharienne est faible. Si l'on s'en tient au bilan global, celui-ci est peu encourageant. La comparaison de quelques indicateurs économiques donnés par le PNUD (2000) le montre : un PNB (US\$/hab.) de 518 dans le subcontinent contre 3610 pour le monde, une espérance de vie de 49 ans contre 67 ans pour le monde, 2205 calories par habitant et par jour contre 2751 pour la moyenne mondiale. Pourtier (2000) affirme que « prise en bloc, l'Afrique sub-saharienne cumule tous les symptômes du sous développement : pauvreté persistante, voire aggravée, dégradations de l'environnement, instabilité politique, guerres civiles, famines, explosion de l'épidémie du Sida. ». Ce bilan, négatif en soi, apparaît encore plus catastrophique comparé à la richesse potentielle du continent africain. En effet, l'importance et la diversité des ressources naturelles africaines ne semblent pas en adéquation avec le sous développement que connaît le continent. Les matières premières constituent 90 % des exportations africaines. Il s'agit de ressources agronomiques et minières. Les ressources minières sont nombreuses, 30 % des ressources mondiales, et variées, mais l'agriculture emploie la moitié de la population et procure un moyen de subsistance à 70 % des populations au-dessous du seuil de pauvreté. Elle constitue par ailleurs un tiers du PNB africain (Brunel, 2004). Les ressources agricoles, forestières et halieutiques sont inégalement réparties et surtout inégalement exploitées en Afrique, mais elles sont d'une importance considérable pour le continent. L'agriculture et l'utilisation du bois constituent un paradoxe en Afrique : ce sont des activités extrêmement importantes économiquement et énergétiquement, pour une grande part de la population et pour les économies nationales, mais ne correspondent qu'à une part infime du système économique global.

Le PIB moyen de l'Afrique de l'Ouest est de 340 USD (Banque de France, 2005), soit la moitié du PIB moyen de l'Afrique. L'Afrique de l'Ouest est, au regard de cet indicateur, une région pauvre au sein du continent le plus pauvre. Si l'on se réfère à un autre indicateur de développement, tel que l'I.D.H., la Guinée Bissau est le 172<sup>ème</sup> pays sur 177 (PNUD, 2000). Or, à l'instar du continent entier, l'Afrique de l'Ouest connaît des ressources importantes. Les montagnes du Fouta-Djalon possèdent un certain nombre de gisements, et la mosaïque des milieux ouest-africains offre de nombreuses niches agricoles de grande valeur telles que le cacao et le café en Côte d'Ivoire ou l'arachide au Sénégal. De plus, dans de telles conditions de pauvreté, l'exploitation des ressources naturelles (agriculture, exploitation de la forêt et pêche artisanale) est souvent la seule activité potentiellement rémunératrice pour des populations démunies. En Guinée-Bissau, 67 % du PIB et 79 % de la population active relèvent du secteur primaire (Banque de France, 2005). Au regard de ces chiffres, il semble important de s'intéresser à l'économie rurale dans les processus de développement de l'Afrique de l'Ouest.



La question délicate mais cependant importante ici posée est la suivante : la pauvreté est-elle un facteur de dégradation ? La situation socio-économique de sous développement, les importants besoins et les faiblesses d'infrastructures qui en résultent sont-elles des facteurs de dégradation ?

D'un certain côté, il est possible de supposer que la pauvreté, en ce qu'elle crée des situations de crises, peut être un facteur incitant à des pratiques peu respectueuses de l'environnement et de la régénération des ressources.

D'un autre côté, le caractère assez nettement rural de la zone d'étude (à l'exception de la région Banjul et de celle de Bissau), ainsi que la grande pérennité de certaines pratiques qui se sont mises en place à l'époque précoloniale (récolte des coquillages en mangrove, riziculture, agroforesterie...) sont probablement à l'origine d'une grande connaissance des milieux et des ressources, lesquelles peuvent compenser les situations de crises et limiter les pratiques peu respectueuses (Rossi, 2000). Par ailleurs, il est loisible de se demander si les populations pauvres et sous-développées dégradent plus ou moins que celles plus riches et plus développées. Il apparaît que les processus de dégradations ne sont pas les mêmes (Barbier 2000). Par exemple, les sociétés rurales les moins développées ont souvent recours à des pratiques telles que le défrichement, nécessaire à leur développement, la culture intensive ne leur étant pas accessible faute de moyens. Cependant, les pollutions liées à l'agriculture intensive, propre aux sociétés rurales développées, ne provoquent-elles pas elles aussi d'importantes dégradations de l'environnement ? Il est difficile de pondérer les différentes formes de dégradation et, plutôt que de répondre à cette question au préalable, nous préférons discuter d'abord des modalités et de l'importance des formes de dégradation des paysages dans le cas étudié, quitte à revenir sur ce point en conclusion, l'important étant de rappeler que le cadre socio-économique lié à la pauvreté de la zone d'étude est pris en compte dans cette étude.

### 1.3.1. Facteurs physiques et humains de dégradation des paysages de vasières

Les paysages de mangrove sont, selon la littérature, soumis à un certain nombre de formes de dégradation. Michel (1990) affirme que la « forte diminution des pluies depuis bientôt vingt ans s'est bien sûr répercutée sur l'écoulement fluvial, l'alimentation des nappes phréatiques et le couvert végétal qui s'est beaucoup réduit, mais la végétation a aussi été dégradée ou détruite par des activités humaines, engendrant des désertisations. » (1.3.1.1) Un premier ensemble de dégradations est lié à des variations des conditions écologiques très liées à l'hydrologie (1.3.1.2) D'autres formes de dégradations sont liées à certaines pratiques agricoles et forestières ou à leurs évolutions (1.3.1.3).

#### 1.3.1.1. La dégradation des paysages de vasières

La dégradation des mangroves est un thème récurrent dans la littérature concernant le littoral ouest-africain. Il est possible de distinguer quatre processus caractérisés de dégradation.

#### *La dégradation par la tannification*

La tannification est l'extension des tannes aux dépens de la mangrove. Sadio (1991), avec une cartographie des mangroves en 1992, fait un état des lieux du processus de tannification dans le Saloum et affirme que, dans le cas précis du Saloum, la tannification est entièrement liée aux conditions hydro-pédologiques et nullement aux actions anthropiques. Tappan *et al.* (2000) affirment que d'importants massifs forestiers ont disparu par ce processus dans le Saloum et en Casamance. Sà (1994) affirme que ces processus de tannification n'ont lieu nulle part en Guinée-Bissau dont les eaux ne connaissent jamais de salinité supérieure à celle de l'océan. Guiral *et al.* (1999) et Bâ *et al.* (1999) font état du développement des tannes dans les estuaires du Saloum au Rio Mansoa en liaison avec la sécheresse. Vasconcelos *et al.* (2002) évoquent la présence du facteur pédoclimatique dans la dégradation des mangroves.

Dans quelle mesure la tannification est-elle une dégradation du paysage ? Si l'on se place du point de vue de l'élément de paysage forestier, de ses ressources et de ses services écologiques (habitat,



protection contre l'érosion...) la conversion d'une mangrove en tannes est bien une dégradation. Notons cependant, que d'un point de vue paysager plus général, l'apparition d'une bande de tanne ou son élargissement dans le cadre d'une importante matrice de formation forestière de mangrove, offre au contraire un habitat différent et un corridor pour les espèces dépendant des espaces asylvatiques. La dégradation n'a dès lors lieu que si ce corridor est trop large et joue un rôle d'obstacle entre la forêt de mangrove et la terre ferme. Du point de vue des ressources, il est plus évident de caractériser la tannification comme une dégradation, à moins que cet espace soit de très faible proportion au sein d'une ressource quasi inépuisable, et qu'il soit mis en valeur pour des activités durables telles que la production de sel par évaporation.

Notons par ailleurs que le processus de tannification peut s'inverser. La régénération des tannes par réimplantation de jeunes palétuviers et rejet de souche d'arbustes a été observée en Casamance et dans le Saloum (Tappan *et al.* 2000). Il s'agit de tempérer les phénomènes de tannification par ceux de régénération pour établir un bilan objectif.

### *La dégradation par l'endiguement*

Vasconcelos *et al.* (2002) et Sà (1994) présentent l'endiguement en vue de la riziculture comme une dégradation de la mangrove. En effet, il s'agit bien d'un phénomène causant une rapide régression de celle-ci. Cependant, ce point de vue n'est pas partagé par tous les auteurs. Écoutin *et al.*, (1999) considèrent ce processus comme un aménagement du milieu pour une production intensive, et y voient une mise en valeur et non une dégradation. Cependant, notons que Bâ *et al.*, (1999), Sà (1994), Marius (1985), Montoroi (1996a) et Loyer (1989) ont démontré que l'assèchement par un drainage trop rapide de sols à *Rhizophora sp.* sans les soumettre à une inondation permettant le lessivage du sel et du soufre, mène à leur acidification. Ces auteurs font donc état de processus de tannification liés à un endiguement mal géré. Face à cette divergence de point de vue entre productivistes et conservationnistes, nous prendrons le pari de ne considérer l'endiguement comme une dégradation que lorsque les ressources en forêts de mangrove sont réellement menacées par cet endiguement ou quand celui-ci, mal géré, mène à une très forte acidification des sols.

### *La dégradation par l'exploitation forestière et la récolte des huîtres*

Sà (1994), Bâ *et al.* (1999), Marius (1985), Diouf (1996) et Guiral *et al.* (1999) citent la coupe forestière comme un processus de dégradation de la mangrove. Cormier-Salem (1989, 1992) évoque une possible dégradation des mangroves liée à la coupe des racines de *Rhizophora sp.* pour la cueillette des huîtres. Ndiongue (2003) a quantifié le bois vendu dans les centres urbains autour du Saloum.

« D'un autre côté, les coupes abusives et irrationnelles des palétuviers sont tenues pour responsables de la dégradation de la mangrove. Cet écosystème, fragilisé par la sécheresse persistante, serait surexploité et le stock d'huîtres menacé. » (Cormier-Salem, 1989)

« Les prélèvements de bois par les populations (besoins énergétiques domestiques, bois de construction) et la coupe des racines des palétuviers pour la récolte des huîtres constituent également une cause importante de destruction de cette végétation. » (Diouf, 1996)

Cependant, les processus de régénération forestière après une coupe ont probablement été peu pris en compte dans les travaux produisant des bilans sur les impacts des coupes forestières (Diongue, 2003 ; Bâ *et al.*, 1999 ; Diouf, 1996 ; Sà, 1994 ; Marius, 1985). Ainsi, indéniablement, une coupe à blanc sur une importante superficie qui provoque une érosion des sols et ne permet aucune régénération est une dégradation de la forêt de palétuviers. En est-il de même pour une coupe en petites parcelles, ou une coupe d'éclaircie permettant une régénération rapide et proche à celle du cycle sylvogénétique de remplacement des vieux palétuviers ?

### *La dégradation des rizières après leur abandon*

Il s'agit ici de la dégradation des paysages agraires, et pas des paysages forestiers. Lorsque les rizières sont abandonnées, les herbacées hydrophytes spontanées les recouvrent immédiatement. Plus tard, l'action de l'érosion peut endommager une digue au point de permettre le retour de la marée dans les anciennes rizières. Dès lors, les sols se salent à nouveau. Les micro-chenaux se creusent, les propagules de mangrove peuvent être déposées et la mangrove peut se développer à nouveau. Cet abandon survient quand la main d'œuvre fait défaut, ou que le sel s'est infiltré dans les rizières, ou que l'inondation est insuffisante pour la culture ou le lessivage des sols, voire, dans un certain nombre de cas, quand ces facteurs se combinent. Comme on le voit, il peut sembler paradoxal de parler ici de dégradation dans la mesure où, à plus ou moins long terme, le processus mène à l'extension de la mangrove, dont il est reconnu qu'elle constitue une grande richesse biologique et apporte des ressources et services écologiques importants.

#### 1.3.1.2. Facteurs physiques de dégradation des paysages de vasières

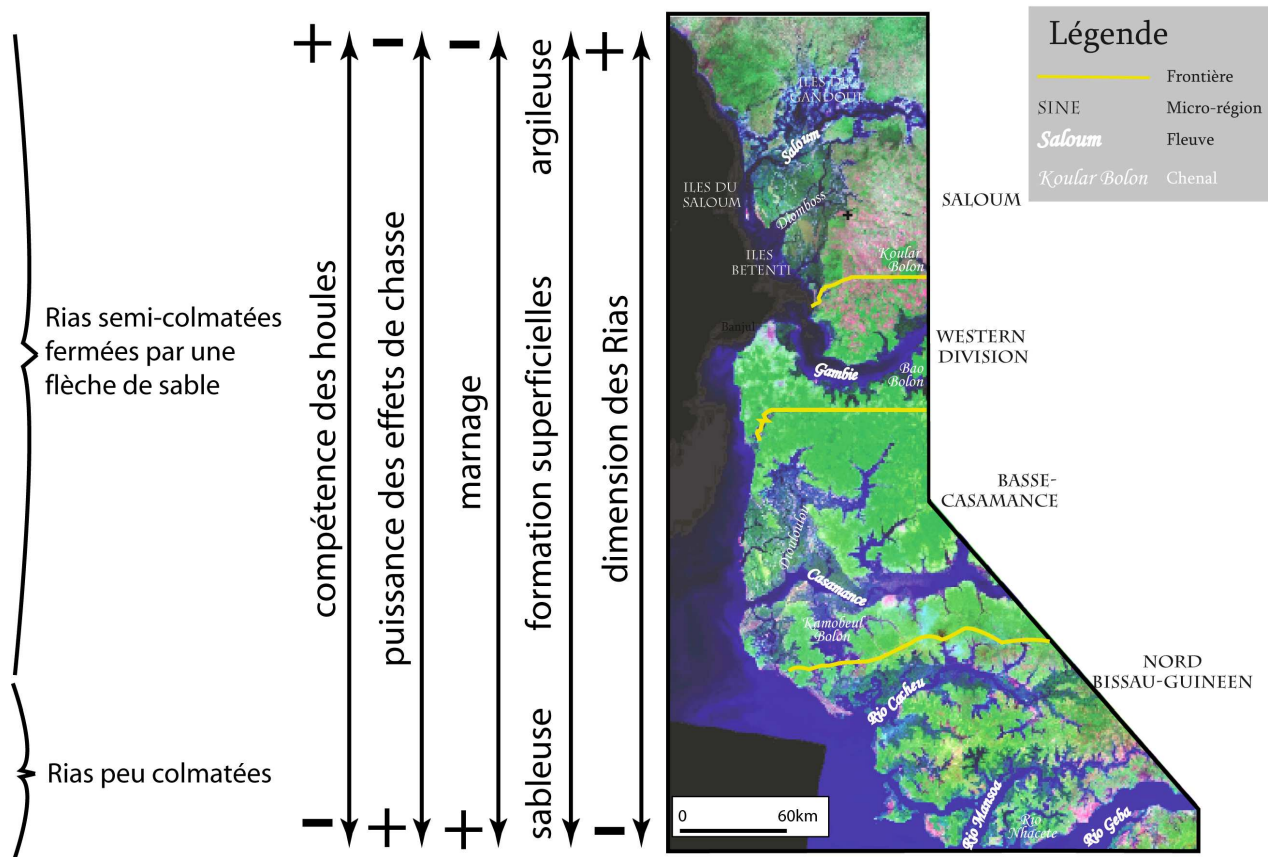
D'après les constats dressés dans la littérature, la variabilité de la flore et des physionomies de la mangrove dépend avant tout de deux facteurs : la salinité des eaux libres et la durée d'exondation des vasières (Hogarth, 1999 ; Bertness, 1999 ; Boaden et Seed, 1996). Ces deux facteurs commandent la qualité des sols pour le développement végétal (Faye, 2000). Les tannes sont des espaces naturellement déboisés par la sursalinité et l'acidification des sols. Ils peuvent, en fonction de la salinité de l'eau libre, s'étendre sur une fourchette altitudinale de l'estran plus ou moins grande (figure 3).

En effet, les sols à mangrove dépendent de la quantité de sel dans les sols et du comportement du soufre. Le sel est plus ou moins concentré dans les sols en fonction de la salinité des eaux et de l'intensité et de la longueur des phases d'évaporation des sols (Marius, 1985 ; Bassel, 1993 ; Sow *et al.*, 1994). Le soufre peut précipiter en sulfate ou en sulfure selon que le milieu est aérobie ou anaérobie. (Vieillefon, 1977). Quand le milieu est aérobie, les bactéries de genre *Desulfubrio* précipitent le soufre en sulfate et, dès lors, le pH du sol est extrêmement bas<sup>20</sup>. Dans de telles conditions, aucune vie végétale n'est possible. Quand le milieu est anaérobie, les bactéries de genre *Thiobacillus* précipitent le soufre en sulfure et dès lors le pH reste quasi-neutre (6-7) et la vie végétale est possible (Marius, 1985, Aubrun et Marius, 1989). En modifiant l'hydrologie et donc les habitats des espèces, les fluctuations du climat peuvent agir pour redistribuer spatialement les éléments constitutifs dont il vient d'être question. Plus simplement, la diminution de l'apport en eau douce fluviale ou pluviale mène à une extension des tannes au dépend des mangroves, ce qui constitue une dégradation des ressources ligneuses et des habitats forestiers. Les tannes étant dus aux conditions de faible inondation en milieu sursalé et de ses conséquences sur la précipitation du sel et du soufre, la tannification est liée à l'augmentation de la salinité des eaux et/ou à la péjoration du bilan hydrique entre la précipitation et l'évaporation (Vieillefons, 1977 ; Marius, 1985 ; Pagès, 1987 ; Pagès, 1990 ; Michel, 1990 ; Sow *et al.*, 1994 ; Bertrand, 1991 ; Montoroi, 1996a ; Guiral *et al.* 1999, Diop *et al.* 2000, Ackermann *et al.*, 2007).

Ainsi, l'assèchement menant à la tannification se réalise lorsque les précipitations sont faibles et que l'ensoleillement et la température sont forts. À l'échelle des régions septentrionales des Rivières-du-Sud, le premier critère de différenciation écologique des hydrosystèmes septentrionaux des Rivières-du-Sud est d'ordre hydrologique avec le bilan hydrique du bassin versant. Le second facteur est le total pluviométrique et l'E.T.R. in situ. Ces facteurs déterminent les bilans hydriques des systèmes estuariens et deltaïques, lesquels déterminent la quantité de sel des eaux et des sols et l'acidité liée au soufre. Ainsi, le Saloum et la Casamance connaissent des régimes sahéliens. La Gambie, bien que située au nord de la Casamance, connaît des entrées d'eau douce dans le système estuarien beaucoup plus importantes et ne s'inscrit pas dans le gradient latitudinal d'aridité des hydro-systèmes à mangrove. (Diop, 1990, 1994). Le Rio Cacheu connaît un régime tropical pur. Le cas du Rio Mansoa est plus complexe, avec un bassin versant de toute petite taille mais un climat arrosé et une morphologie fluviale permettant un brassage des eaux de l'océan avec celles de l'estuaire (figure 12). De ce fait, le fonctionnement inverse du système estuarien ne conduit pas à des salinités réellement contraignantes pour les écosystèmes à mangrove (Diop, 1994). Les systèmes estuariens sont caractérisés par un fonctionnement hybride entre dynamique fluviale et

<sup>20</sup> Des pH de 2 ont pu être mesurés (Marius, 1985)

dynamique marine. Les conditions hydroclimatiques distinguent les estuaires au fonctionnement normal caractérisé par une décroissance vers l'amont de l'influence marine et de la salinité des eaux (Gambie, Rio Cacheu), et les estuaires au fonctionnement inverse dont la salinité des eaux augmente vers l'amont.



**Figure 12 : Conditions hydrologiques des régions septentrionales des Rivières-du-Sud (source : Barusseau, 1999)**

La distinction entre ces deux types d'estuaires dépend de la taille du bassin versant et des précipitations que celui-ci permet de collecter. Chacun des cinq hydro-systèmes présente ainsi un équilibre différent entre dynamique fluviale et dynamique marine (Diop, 1990).

Le Fleuve Saloum est tari et seule l'eau de l'océan imprime aux milieux ses caractéristiques. Il en résulte un fonctionnement remarquable en estuaire inverse (Barusseau *et al.*, 1985 ; Marius, 1985 ; Diop, 1990) puisque la salinité à l'embouchure est entre 3,6 et 3,7 ‰ avec une sursalure remarquable en amont : à Kaolack celle-ci est de 11 ‰ durant la saison sèche. Cependant dans le reste du delta, la variation se fait jusqu'à 4,2 ‰ dans les secteurs amont du Diomboss et du Bandiala (Diop, 1990). Le taux de sédimentation moyen est de 68 mm par an. (Faure *et al.*, 1974).

La Gambie possède un bassin versant beaucoup plus grand, 77000 km<sup>2</sup>, (Michel 1973) et le fleuve qui prend sa source dans les contreforts du Fouta Djallon apporte à l'océan une moyenne annuelle de 310 m<sup>3</sup>/s (Michel, 1973 ; Cormier-Salem, 1999). Si sa pente très faible le rend sensible à l'onde de marée sur plus de 500 km, la salinité n'en présente pas moins un gradient conforme, décroissant depuis l'embouchure présentant comme maximum 3,8 ‰ et minimum 2,4 ‰, jusqu'à Kunaour à 230 km de l'embouchure qui ne connaît jamais de salinité (Diop, 1990).

La Casamance, dont la configuration du bassin versant est plus proche de celle du Saloum que de celle de la Gambie, connaît tout de même un faible apport en eau douce : 40 m<sup>3</sup>/s (Brunet-Moret, 1970 ; Cormier-Salem, 1999). Elle est cependant caractérisée, depuis les années

1970, à l'instar du delta du Saloum, par un fonctionnement en estuaire inverse et une sursalinité générale. Avant les années 1970, près de 270 km étaient soumis au régime estuarien et le reste au régime fluvial. Le lessivage était presque total étant donné que la salinité mesurée à 40 g/l en fin de saison sèche était ensuite mesurée à 2,6 g/l à Ziguinchor. Aujourd'hui son fonctionnement est celui d'un estuaire inverse : Ziguinchor peut présenter jusqu'à 37 g/l en fin de saison sèche, cette même mesure dépassent les 100 g/l à l'amont de Sédihou (Diop, 1990).

Le Rio Cacheu est un fleuve plus court que la Gambie mais, se situant dans une région plus arrosée, il connaît un apport important avec un débit de 180 m<sup>3</sup> /s (Cormier-Salem, 1999). Cependant la sécheresse des années 1970 et 1980 a modifié son fonctionnement hydrique. Si le fonctionnement est encore celui d'un estuaire conforme, les salinités de Cacheu comprises entre 1,8 et 2,2 ‰ en 1955 ont atteint entre 3 et 3,5 ‰ en 1982. Le Rio Mansoa fonctionne également en estuaire inverse. Cependant, étant très court, très ouvert sur l'océan et sous un climat bien arrosé, les phénomènes de sursalinité y sont réduits.

L'assèchement s'effectue par ailleurs essentiellement dans la partie haute de l'estran. Les milieux de vasières du domaine intertidal sont écologiquement variables en fonction des micro-variations de l'altitude dont dépendent la fréquence et la durée d'inondation. La durée quotidienne moyenne d'inondation, ou à l'inverse, d'exondation et l'évaporation qui en résulte déterminent un grand nombre de caractéristiques physiques des vasières. Deux paramètres sont particulièrement influents : la concentration en sel des solutions du sol, directement liée à la fréquence d'exondation et au nombre d'heures d'évaporation de la saison sèche, et l'acidification des sols par précipitation du soufre de l'eau de mer en sulfate, phénomène lié au passage d'un milieu anaérobie à un milieu aérobie.

En d'autres termes, en bas de l'estran, l'inondation est quasiment permanente : l'évaporation est faible et les sels sont peu concentrés dans les sols lessivés par l'eau libre. Le milieu réducteur lié à la saturation en eau quasi continue empêche l'acidification. En revanche, dans le haut de l'estran, l'inondation n'a lieu qu'à deux courts moments de la journée. Les eaux salées s'infiltrent dans les sols et subissent l'évaporation le reste du temps. Avec l'évaporation, les solutions du sol sont de plus en plus concentrées de marée en marée. De plus, grâce à la durée de l'exondation, se développe alors un milieu aérobie, propice à la précipitation du soufre en sulfate qui rend les sols très acides (Le Rhun *et al.*, 1992).

Dans les vasières sursalées et/ou à substrat stable, ce sont des forêts à *Rhizophora sp.* qui occupent les rives (Sow *et al.*, 1994 ; Bertrand, 1991). Si le substrat est stable, c'est la hauteur de l'eau qui est à l'origine de la sélection des espèces de cette formation végétale. En effet, les rives constituent les points les plus bas de l'estran pouvant être occupées par la végétation et ces conditions de grande hauteur d'eau et d'inondation longue et fréquente permettent la mise en place d'un peuplement végétal très haut et très dense constituant les formations forestières. Les rives forestières à *Rhizophora sp.* sont continues sauf dans les secteurs de vases instables où une végétation pionnière de *Laguncularia racemosa* se développe (figure 3). Dans quelques cas, ces rives présentent une topographie de microfalaise où la rive est à une altitude assez haute sur l'estran pour que l'habitat des grands individus de *Rhizophora racemosa* soit absent de l'estran. Les physionomies des arrières-mangroves peuvent s'expliquer par la très faible fréquence d'inondation et les fortes salinité et acidité qui en résultent. Les stratégies de tolérance aux fortes salinités mènent en effet à des morphologies très basses. *Rhizophora racemosa*, qui peut s'élever à plusieurs mètres dans de bonnes conditions hydriques et pédologiques, présente dans ces conditions des formes basses et sénescents de quelques décimètres de haut. Quand les conditions sont encore plus contraignantes, ces arbustes dépérissent.

Notons un facteur possible dont l'influence n'a pas été démontrée dans le Saloum. Les fluctuations, mêmes minimes, du niveau marin peuvent avoir elles aussi leur impact vu l'importance de la microtopographie pour la durée d'inondation. Or, le cycle de rotation des points nodaux de l'orbite lunaire et de l'elliptique solaire créent un cycle d'une périodicité de 18,6134 années. Le niveau des eaux fluctue ainsi inondant plus ou moins les vasières à mangroves, selon une amplitude de 3% du battement de marée qui varie autour d'un mètre dans les vasières étudiés. Une inondation plus grande réduit les secteurs de forte évaporation des solutions du sol et l'assèchement des sols, et au contraire, une inondation moindre augmente l'évaporation des solutions du sol et la tannification. Les récentes phases de hautes eaux de ce



cycle de 18,6134 ans ont eu lieu au début des années 1960, à la fin des années 1970 et dans la deuxième moitié des années 1990. Les périodes de basses eaux de ce même cycle ont eu lieu en début 1970, et en deuxième moitié des années 1980 (Gratiot *et al.*, 2008).

### 1.3.1.3. Facteurs humains de dégradation des paysages de vasières

#### *Création et abandon des rizières*

En zone de mangrove, la riziculture est la principale activité humaine (Cormier-Salem, 1999). Elle intervient par la construction de paysages agricoles sur les mangroves. Sur environ 1 200 000 hectares de vasières en Afrique de l'Ouest, 200 000 ha ont été défrichés pour la riziculture de mangrove (Agyen-Sampong, 1994). Dans le nord des Rivières-du-Sud, les rizières se développent dans la partie haute de l'estran, avec un endiguement pour isoler les rizières de l'action de l'eau salée. L'endiguement est la première étape de la mise en place d'une rizière (Écoutin *et al.*, 1999). Une fois la digue mise en place, les sols s'assèchent et les arbres dépérissent. Ils sont par la suite coupés et brûlés sur place. Une préparation des sols est nécessaire avant la mise en culture. Il s'agit de dessaler et de lessiver le soufre. Pour cela, une inondation par l'eau douce est pratiquée à la saison des pluies, durant une ou plusieurs années consécutives selon les caractéristiques du sol et du climat. Un défrichement pour la riziculture ou une enfrichement par abandon de la riziculture ne constitue pas, en soi, une dégradation ; le recul des ressources forestières étant compensé par une augmentation de la production agricole dans un milieu qui accueille une faune assez nombreuse et variée (Guiral *et al.*, 1999). Cependant, si un de ces deux éléments de paysage menace l'autre ou menace un service écologique qui n'est rendu que par les reliquats de l'élément qui disparaît, alors, à une échelle plus petite, l'endiguement, comme l'enfrichement, peuvent constituer une dégradation du paysage.

#### *Exploitation forestière*

On trouve assez fréquemment cité l'exploitation du bois de mangrove comme étant une activité traditionnelle. Péliissier (1966) évoque le commerce du bois de mangrove depuis le Saloum et la Casamance vers Dakar. Elle est parfois présentée comme facteur de dégradation des paysages, Sà (1994) pointe l'exploitation du bois comme l'un des facteurs de dégradation des mangroves de Guinée-Bissau. Écoutin *et al.* (1999) voient dans l'exploitation du bois de mangrove cinq objectifs différents : les usages domestiques des populations locales, le fumage des produits halieutiques, la production de sel par ébullition, la production de tanins et la commercialisation du bois de chauffe. Ces cinq objectifs se concrétisent dans le Saloum à travers trois activités différentes (Andrieu, 2004). **La récolte du bois mort**, qui est également une activité essentiellement féminine, vise à subvenir à la consommation domestique pour le bois de chauffe et de fournir les fours pour fumer le poisson et les sites de fabrication de la chaux. Les sites les plus prisés sont les formations hautes et très vieilles des chenaux très étroits et des rives convexes de méandres. **Le prélèvement extensif de branches** est une autre activité essentiellement féminine. Elle permet de répondre à certains besoins domestiques (longues perches pour la toiture et la conduite des pirogues, courtes perches pour les clôtures...). Dans la majorité des cas, cette activité s'exerce à pied depuis le village sur les mangroves attenantes. Les lisières de ces mangroves attenantes au village sont de ce fait gérées en taillis. **L'exploitation forestière en placettes** est la principale activité forestière à dimension commerciale. Elle consiste à couper sur une placette de 4 m<sup>2</sup> à 200 m<sup>2</sup> tout ou partie des arbres. Les arbres sont vendus sous forme de grandes perches sur les marchés de Banjul, Kaolack, Mbour et Joal-Fadiouth. Dans la suite, nous étendrons ces observations aux autres estuaires étudiés.

Une dernière activité liée à la mangrove est la récolte des huîtres. Péliissier (1966) a décrit cette activité en Casamance comme étant propre aux jeunes ménages, les hommes partant couper les racines des palétuviers où sont accrochées les huîtres, les femmes ayant pour fonction de les décrocher et de les préparer (cuisson et séchage) dans des campements temporaires installés sur les îles. Cormier-Salem (1992) décrit cette activité comme une pratique féminine ayant lieu essentiellement entre janvier et juin sous forme de sorties quotidiennes. Écoutin *et al.* (1999) précisent cependant que « c'est seulement quand elles sont pressées que les femmes coupent les rhizomes de palétuviers ». L'impact est ainsi plus réduit qu'on ne le dit parfois dans la littérature.



L'arrière-mangrove, lorsqu'elle jouxte la terre ferme et se situe à proximité d'un village, présente des formes basses et buissonnantes liées aux fortes salinités et accentuées par un certain nombre de formes d'exploitations régulières extensives. Ces secteurs sont par exemple souvent gérés en taillis. Il s'agit également souvent d'un espace de pâturages temporaires.

#### **Les facteurs physiques et humains de dégradation des paysages de vasières (1.3.1)**

Les paysages de mangroves sont considérés comme dégradés lorsque les ressources forestières et les services écologiques sont menacés. Les paysages rizicoles sont considérés comme dégradés lorsqu'ils ne peuvent plus produire et que leur conversion ne mène pas à la constitution d'un paysage intéressant en termes de ressource ou de service écologique.

Les principaux risques de dégradation sont la tannification quand la sécheresse s'accroît, la surexploitation du bois et les aménagements excessifs ou non maîtrisés.

### **1.3.2. Facteurs physiques et humains de dégradation des paysages de terre ferme**

Les paysages de terre ferme sont, selon la littérature, soumis à un certain nombre de processus de dégradation (1.3.2.1). Ceux-ci sont liés à une variation des conditions écologiques (1.3.1.2) ou à des pratiques dites agro-sylvo-pastorales car combinant différents objectifs de production et d'exploitation (1.3.1.3).

#### **1.3.2.1. La dégradation des paysages de terre ferme**

##### ***La disparition des boisements***

Premièrement, depuis la mise en place d'une culture spéculative de l'arachide en Gambie, les terroirs qui lui sont attribués sont en augmentation constante. En effet dès les années 1950, le défrichement des savanes en vue de la culture de l'arachide apparaît déjà comme une préoccupation (Foury, 1953 ; Péliissier, 1966 ; Brasseur, 1972). A propos du front pionnier des cultures de l'arachide qui défriche les savanes, Péliissier (1966) rappelle que les forêts bordant les mangroves dans le Saloum ont été épargnées. Ces secteurs, proches des eaux stagnantes, connaissent une grande quantité de mouches tsé-tsé qui ont décimé les troupeaux de bovins et de chevaux des migrants. Cependant, il émet l'hypothèse que ces forêts seront à terme totalement ou partiellement défrichées quand la pression foncière sera trop forte dans les autres régions. Ce même phénomène est encore en cours dans la moyenne Casamance (Sidibé, 2005 ; Wood, 2004). Depuis la mise en place de ce front pionnier, la quasi-totalité du bassin du Saloum a été défrichée, ainsi que de nombreux secteurs de Basse-Casamance. Tappan *et al.* (2000), décrivent et cartographient le défrichement de ces massifs forestiers dans les années 1980 et 1990.

Concernant la Casamance et le Nord bissau-guinéen, Écoutin *et al.* (1999) font état de défrichement des forêts de terre ferme pour compenser l'abandon des rizières sursalées ou qui ne peuvent plus être entretenues par manque de main d'œuvre. Bosc (2005) nuance ce constat en démontrant que les surfaces exploitées n'ont augmenté que localement alors que d'autres secteurs connaissent un enfrichement. Concernant le Nord bissau-guinéen, Vasconcelos *et al.* (2002) font état de la destruction de forêts sèches et de palmeraies en liaison avec les migrations dues aux guerres civiles en Casamance et en Guinée-Bissau entre les années 1970 et les années 2000.

##### ***La modification des boisements***

Trochain (1940) dit à propos de la savane boisée du secteur soudano-sahélien (qui se termine au niveau de la latitude 14°N, latitude de Foundiougne dans le Nord du Delta du Saloum) : « elle est aujourd'hui très dégradée. Sur toute la superficie explorée, nul accident topographique ne l'a mis à l'abri des feux dont le rôle néfaste, indiscutable, a souvent été discuté ». À propos du secteur soudano-guinéen,

entre la limite citée ci-dessus et la frontière Gambienne, Trochain (1940) écrit que ni la savane forestière ni les forêts parcs, ne sont restées intactes<sup>21</sup>.

Dans les ouvrages de biogéographie générale, cette altération anthropique du couvert végétal est généralisée à l'ensemble des formations végétales du littoral ouest-africain. « Par, les influences humaines, la savane a beaucoup progressé aux dépens de la forêt sèche. Par exemple, la forêt claire de la Basse-Casamance n'existe plus qu'à l'état de reliques » (Huetz de Lemp, 1970).

Ndiaye (1990) et Michel (1990) font part d'une soudanisation de secteurs de flore guinéenne et d'une sahélisation de secteurs de flore soudanienne, soit une translation des flores. Les deux auteurs expliquent ces modifications de la flore par la combinaison des deux facteurs : la péjoration du climat et la dégradation de la végétation par les activités humaines.

### *La dégradation des agroforêts*

La culture itinérante sur brûlis constitue l'une des premières ressources alimentaires dans le sud de la zone étudiée. Celle-ci nécessite de grandes superficies (ou de petites densités de peuplement). En effet, ce système n'est durable qu'avec un temps de jachère adéquat. Si le temps de jachère doit être réduit pour cause d'une plus grande demande de production ou d'une diminution des superficies sur lesquelles peuvent s'effectuer les rotations, les sols et la végétation n'ont pas le temps de se reconstituer. Ainsi les rendements seront plus faibles et les sols encore plus épuisés à la fin de la culture. Les rendements étant plus faibles, les temps de jachère vont généralement être encore raccourcis pour compenser la diminution de la production à l'hectare. Le système est susceptible de dégénérer jusqu'à n'être plus apte à nourrir la population. En Guinée-Bissau, entre l'accroissement de la population lié entre autres aux flux de réfugiés de la guerre civile en Casamance, et la baisse des rendements dans les rizières de mangroves, l'intensification des cultures itinérantes sur brûlis a été observée et il en résulte une transformation de la végétation par diminution de biomasse et modification de la composition floristique (Vasconcelos *et al.*, 2002).

De plus, une partie de ces agroforêts est aménagée en vergers. En effet, la culture de l'anacardier pour la vente des noix de cajou a connu un réel essor dans les années 1980 (Vasconcelos *et al.* 2002). Si l'arbre était déjà présent dans les jardins, il n'était cultivé ni en masse ni en vue d'une exportation. En 1978, la Guinée-Bissau a exporté 200 tonnes de noix de cajou. Douze ans plus tard, cette exportation s'élève à 16 400 tonnes. En 1995, la superficie plantée s'élevait à 103 000 ha après une croissance moyenne de 20 % par an depuis 1986. Cette extension des surfaces cultivées en anacardier se fait essentiellement au détriment des agroforêts de riziculture itinérante sur brûlis. Rappelons cependant que, si la présence des vergers d'anacardiers est aujourd'hui considérée comme en extension en Guinée-Bissau (Vasconcelos *et al.*, 2002), au point qu'on peut supposer qu'elle pourrait menacer d'autres éléments de paysages agricoles ou forestiers, en 1960, dans le Saloum, c'était la disparition des boisements d'anacardiers au profit de la culture de l'arachide qui était déplorée (Gorse, 1960 ; Goujon *et al.*, 1973). En effet, phénomène associé à l'évolution socio-économique des sociétés agricoles décrite plus haut, les activités monétarisées se développent fortement. Ainsi, en Guinée-Bissau, la principale activité est devenue la culture de l'anacardier.

### *La dégradation des systèmes agraires*

Lericollais (1983, 1985) a mis en évidence une évolution des terroirs de culture. Avant les années 1980, la densité de population était suffisamment faible pour permettre un assolement triennal mil – arachide – jachère. Depuis, les densités de population ayant augmenté et la sécheresse ayant limité les productions agricoles, l'assolement triennal s'est transformé en assolement biennal où la jachère a disparu, menant à une simple alternance du mil et de l'arachide. L'absence de jachère provoque cependant un appauvrissement des sols et une baisse des rendements (Bosc *et al.*, 1995).

---

<sup>21</sup> « A la suite des défrichements à buts culturels et surtout du passage répété des feux, [ni la savane forestière ni les forêts parcs] n'est vraiment primitive [...] je n'ai pas pu y découvrir un seul îlot qui ne porte l'empreinte d'une dégradation plus ou moins intense. »

La plupart des travaux sur le sujet ont également mis en exergue la disparition progressive des arbres dans ces mêmes terroirs agricoles (Lericollais, 1989 ; Camara 1997). Celle-ci résulte d'une modification des techniques agricoles telles que la mécanisation et la tentative de changement des techniques de labour qui, après avoir provoqué un dessouchage complet des champs, n'ont pas réellement abouti. Le labour profond a été abandonné immédiatement pour revenir aux labourages légers traditionnels. De plus, les feux de brousse, couvrant l'ensemble des zones agricoles une à deux fois par an, peuvent menacer les peuplements d'arbres dans les champs. S'ils ne provoquent pas directement la mort des arbres, ils peuvent empêcher leur régénération. Par ailleurs, la sécheresse et les feux de brousse portent fortement atteinte aux ressources pastorales herbacées et les pasteurs compensent les pertes par l'élagage des arbres.

Sidibé (2005) réactualise les transformations des cultures du bassin arachidier et démontre que, face à l'irrégularité pluviométrique et à la faible amélioration apportée par des techniques d'intensification (labour d'enfouissement, intrants...), la culture de l'arachide est encore pratiquée de façon extensive. L'effort d'augmentation de la production à l'hectare n'ayant pas porté ses fruits, seules les surfaces cultivées augmentent. Quand cela est possible, les paysans se lancent dès lors à la conquête de nouveaux espaces et non vers la maîtrise technique de l'espace, ce qui accentue le premier phénomène. Cette pratique s'appelle en wolof le *Gnitatou Bagane* qui pourrait se traduire par « ratisser large pour grappiller quelque chose ».

L'appauvrissement des sols et la baisse des rendements, liés à l'absence de jachère par pression foncière et à la diminution des précipitations, a été compensé par une migration vers le sud. Celle-ci a cependant mené au défrichement total de forêts classées comme celles de Pata (Casamance) et de Mbegué (Sud Saloum). Il s'agit de vérifier et de préciser ce phénomène dans le cas de figure que nous étudions.

### 1.3.2.2. Facteurs physiques de dégradation des paysages de terre ferme

#### *Les fluctuations du climat et du gradient climatique*

A petite échelle, le premier facteur de différenciation latitudinal de ces formations végétales est le climat (cf. 1.2.2.1.), et en premier lieu, la durée de la saison des pluies (Trochain, 1940 ; Aubréville, 1950 ; White 1986). Cependant à l'échelle régionale, en 1966, Pélissier notait que, dans le domaine soudanien, l'homme est le seul facteur différenciateur des physionomies forestières<sup>22</sup> qui seraient, sans son intervention, une monotone couverture de savane forestière, en dehors des deux cas particuliers que sont les forêts galeries et les bowé<sup>23</sup>. Ces deux situations mises à part, la première rendant les formations végétales plus denses et la seconde plus ouvertes, c'est l'action de l'homme qui crée un gradient de densité décroissante du peuplement et un changement graduel dans les paysages depuis la forêt sèche jusqu'aux boisements ouverts. Cependant, si le climat du Saloum en 1966 permettait aisément la constitution et le maintien d'une savane forestière, la péjoration climatique peut avoir modifié cette possibilité. Ainsi, il est possible qu'un gradient climatique joue aujourd'hui un rôle dans la distinction des formations végétales depuis le Saloum de climat soudano-sahélien jusqu'au Nord bissau-guinéen de climat soudano-guinéen.

Si le climat a fluctué, la flore et/ou les paysages peuvent avoir connu une réaction. Une fois encore, c'est bien le concept de dégradation qui sert à décrire les changements qui en résultent (Batterbury et Warren, 2001) Rappelons que deux changements ont eu lieu au sein de la période : une péjoration forte de la pluviosité à partir de 1968 et une amélioration à partir de 1994.

Les réactions à la sécheresse, si elles ont été bien étudiées pour les mangroves, l'ont moins été pour les réactions au retour à des conditions plus pluvieuses. Pour la terre ferme, on retrouve un certain nombre de travaux, précisant certains phénomènes. Poupon, 1977 a présenté les réactions physiologiques des arbres aux années de sécheresse particulièrement marquée. L'auteur fait état d'un certain nombre de phénomènes d'accommodation annuelle, comme une réduction de la taille des feuilles ou une diminution de la fertilité.

---

<sup>22</sup> « L'action de l'homme, de ses feux, de ses cultures, contribue à multiplier les formes d'évolution, à créer des paysages nouveaux par dégradation ou sélection des peuplements originels ». Pélissier, 1966

<sup>23</sup> Bowal, pluriel Bowé, est un plateau latéritique érodé, en d'autres termes un niveau très dur créant une topographie plane, qui, s'il n'est pas recouvert d'un sol, est inculte.

Un examen des réactions de la végétation à la sécheresse a également été effectué par le biais des analyses de NDVI<sup>24</sup> (Camberlin, 2007 ; Hermann, 2005) ont démontré une diminution de l'activité chlorophyllienne telle que perçue par cet indice.

Une troisième information concernant la dimension floristique du problème nous est donné par deux ouvrages. Michel (1990) à propos de la Casamance cite Condamin (1988) :

« les forêts ne brûlaient presque jamais, car les populations locales qui appartiennent à des ethnies forestières, ont toujours eu besoin de la forêt pour leur subsistance, la cueillette de diverses plantes alimentaires et de pharmacopée, le bois de chauffe, la chasse, etc... À l'heure actuelle, outre la destruction de ces ressources par les incendies, ceux-ci ont modifié la flore car ce sont les essences forestières guinéennes - les plus intéressantes - qui ont disparu au profit des espèces soudaniennes pyrorésistantes. Ainsi on est arrivé, en une quinzaine d'années, à transformer les forêts subguinéennes, déjà relictuelles donc fragiles, en forêts soudaniennes... Pour l'instant, seul ou presque, le Parc national de Basse-Casamance, s'il a quand même subi des dégâts dus à la sécheresse, a été épargné par les feux et restera sans doute le témoin de ce qu'était la Casamance forestière, d'où son intérêt exceptionnel. »

Dans le même esprit, Ndiaye (1990) écrit à propos de la forêt classée de Pout (Pays Sérère, Sénégal) :

« La dégradation, dans ces conditions, équivaut à un appauvrissement de la flore et à une banalisation de la végétation dont on peut souligner trois aspects :

- une élimination des arbres, qui va remettre en question le caractère forestier du territoire,
- une disparition progressive des espèces soudaniennes et guinéennes de la flore locale,
- un renforcement des espèces sahéliennes, assurant le remplacement des précédentes. »

Face à cette question, tout en prenant en considération les travaux antérieurs, nous prendrons tout de même une attitude prudente et décidons de reposer un certain nombre de questions : Quelle ont été les réactions précises de la végétation aux fluctuations du climat dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud ? Quels paysages ont réagi ? Comment ont-ils réagi ? S'agit-il de réactions physiologiques pour quelques espèces, d'une modification (légère ou importante) de la distribution géographique des espèces, d'une modification paysagère ? S'agit-il de changements du domaine de l'accommodation annuelle des individus végétaux, de changements plus importants mais temporaires, de changements apparemment irréversibles ?

Notons que le facteur climatique (ici la pluviosité) est tempéré par un certain nombre d'autres facteurs écologiques qui peuvent améliorer ou aggraver le bilan hydrique. Il s'agit du type de sols, du microclimat et de la hauteur de la nappe. D'une part, les caractéristiques locales peuvent atténuer ou aggraver une fluctuation climatique, d'autre part, leurs variations propres peuvent, elles-mêmes, provoquer des changements.

### *Les sols*

Les sols constituent un facteur de variabilité de la flore et des paysages, notamment parce que leur nature peut contribuer à moduler les effets du gradient climatique sur la végétation. En effet, à partir d'un certain seuil granulométrique, la quantité d'eau qui peut être retenue au début de la saison sèche peut avoir des conséquences sur la végétation qui se matérialisera par une discontinuité dans le couvert végétal. La carte pédologique (figure 13a) met en évidence une zonation des sols, ainsi qu'un certain nombre de sols azonaux.

---

<sup>24</sup> « Normalized Difference Vegetation Index », ou « indice de végétation », est un indice de télédétection estimant l'activité chlorophyllienne (cf. 3.2)



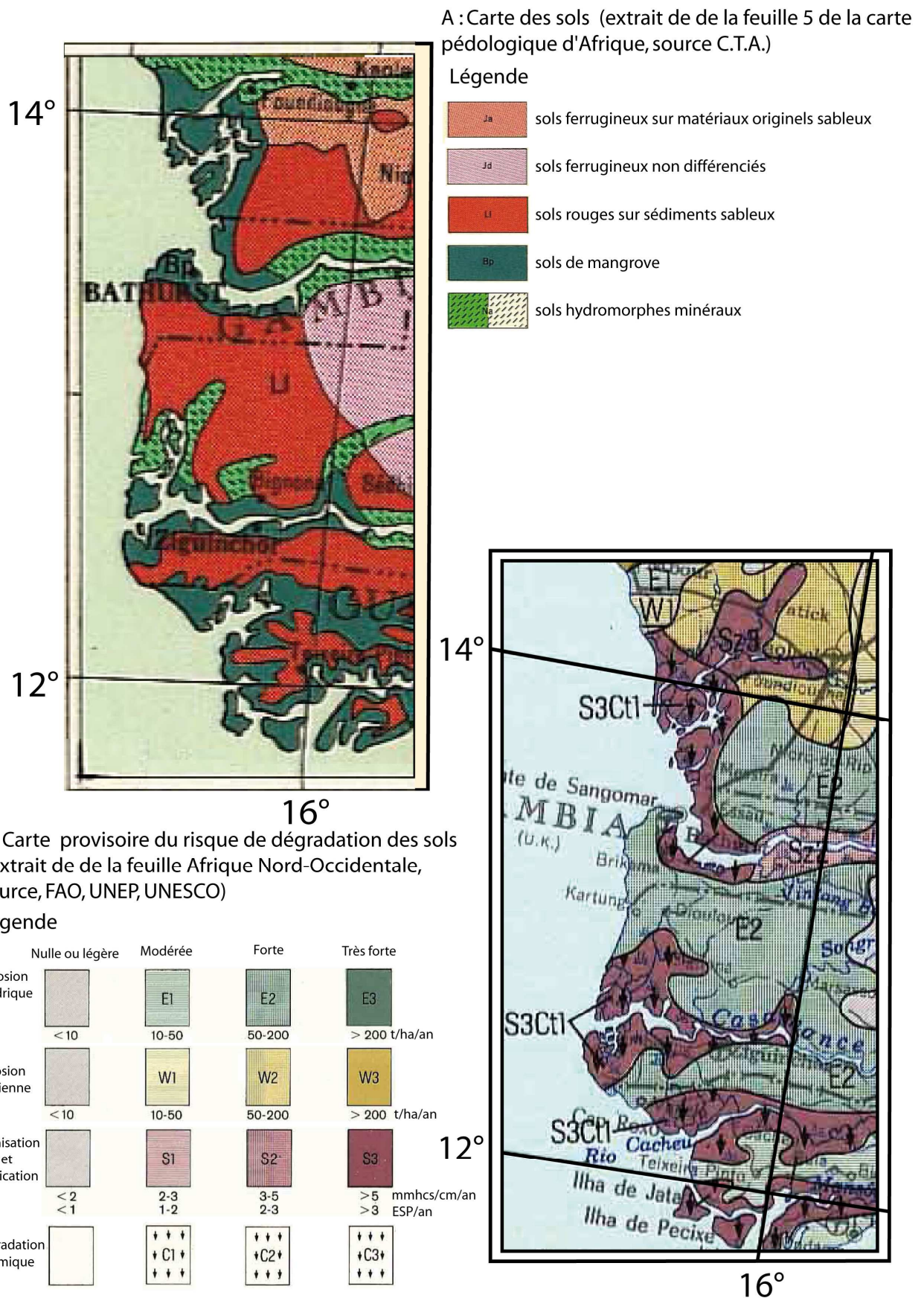


Figure 13 : Cartes pédologiques des régions septentrionales des Rivières-du-Sud (CTA ; FAO)



Au sein de la zone tropicale suffisamment humide pour que s'y développe une végétation ligneuse, se développent des sols à altération géochimique dominante (Duchaufour, 2001). En fonction de leur âge et de l'aridité du climat, ces sols se répartissent en trois groupes correspondant aux trois types d'altération : fersiallisation, ferruginisation et ferralitisation, avec dans cet ordre, une perte croissante de silices et de bases et des néoformations d'argiles de plus en plus importantes dans les profils. Les sols fersiallitiques ne se rencontrent pas dans notre zone d'étude, qui couvre essentiellement la transition entre sols ferrugineux et sols ferralitiques (figure 13a).

A l'échelle régionale, cette zone est une transition entre des sols beiges au nord et rouges, au sud (Maignien, 1961). A l'est du delta du Saloum, une transition apparaît puisque deux types de sols se sont développés sur les grès sablo-argileux : des sols ferrugineux lessivés à concrétions et cuirasses ferrugineuses fréquemment affleurantes et des sols faiblement ferralitiques modaux. En effet, les sols liés aux dunes fossilisées quaternaires et aux végétations sahéliennes sont progressivement remplacés par ceux liés au substratum gréseux et aux végétations plus denses soudaniennes produisant une plus grande matière organique. La rive sud de la Gambie, la Basse-Casamance et le Nord bissau-guinéen sont, en effet dominés par les sols ferralitiques. Ils sont caractérisés par leur couleur rouge, leur profondeur et leur sensibilité élevée à l'érosion éolienne. Maignien (1961) évoque une limite nette entre les deux types de sols, selon un critère purement zonal en s'appuyant sur le fait que le substrat géologique est commun aux deux types de sols dans le Saloum.

Plus précisément, au nord du delta du Saloum, deux types de sols ferrugineux lessivés sans taches ferrugineuses ou très faiblement tachés sont répartis en fonction de l'éloignement aux formations deltaïques : certains se développant sur les levées sableuses et d'autres sur les sables siliceux du Continental Terminal<sup>25</sup>. Ils sont caractérisés par une texture grossière en surface et fine en profondeur. La fertilité chimique est faible et ils sont sensibles à l'érosion éolienne et hydrique. Trochain (1940) décrit les sols de la végétation du Bas-Saloum comme des sols mal aérés, avec une teneur en eau considérable, se rapprochant de certains sols marécageux, bien qu'ils contiennent une quantité d'air toujours suffisante pour permettre une végétation ligneuse. Ces sols sont plutôt soumis à un risque d'érosion hydrique dans les secteurs les plus proches du fleuve et de ses affluents.

En rive sud de la Gambie et en Casamance, les sols ferralitiques jouxtent en certains lieux des sols peu évolués et peu hydromorphes sur les levées sableuses. En ce qui concerne les savanes forestières soudano-guinéennes, Trochain distingue les sols forestiers des sols récemment travaillés par l'agriculture itinérante. La teneur en air est plus élevée dans les sols de jachère, ce qui s'explique par le travail de la terre. La teneur en eau est plus élevée dans les sols de savane forestière du fait de la présence d'une couverture arbustive. Ces sols sont plutôt soumis à un risque d'érosion éolienne.

Les sols rouges sont liés à la présence des cuirasses ou, localement, de grès ferrugineux. Ce sont des sols profonds, riches en humus. Leur teneur en argile peut être en revanche un facteur limitant. Des sols beiges sont également présents dans la zone soudanienne. Ils présentent un horizon supérieur avec une forte teneur en sable et, en profondeur, des horizons riches en concrétions. Ils résultent d'un lessivage de l'argile, du fer et de l'humus dans les horizons inférieurs. Si les sols rouges sont largement plus riches d'un point de vue minéral que les sols beiges, ces derniers offrent aux agriculteurs l'intérêt d'être meubles et plus résistants à l'érosion par ruissellement (Pélissier, 1966).

L'autre facteur important, outre le type de sol, est sa dégradation, source d'appauvrissement minéralogique qui peut toucher la végétation. La carte du risque de dégradation des sols de la figure 13b nous indique un fort risque d'érosion éolienne dans la moitié nord du Saloum continental et dans le Sine et un fort risque d'érosion hydraulique dans le reste des secteurs continentaux. Elle met en évidence un très fort risque de salinisation et d'acidification dans le Saloum, l'aval gambien, la Casamance et les Rios du Nord bissau-guinéen ainsi qu'un faible risque de dégradation chimique dans l'ensemble des vasières.

---

<sup>25</sup> Le Continental Terminal est le nom de l'ensemble des formations géologiques de cette partie de l'Afrique de l'Ouest, au contact des formations d'origines littorales et marines.

### Le facteur bioclimatique

La zonation climatique, la zonation pédologique et les contrastes pédologiques offrent autant de facteurs de variation écologique des formations végétales de terre ferme de transition entre savane et forêt (Avenard, 1969). Se pose cependant la question du micro-climat forestier. Les physionomies forestières densément boisées créent-elles des conditions écologiques particulières ? Les espèces peuvent-elles être dépendantes de ces conditions liées à la physionomie de la végétation, indépendamment des conditions hydriques et pédologiques ?

Trochain (1940) note en savane ouverte sahélienne et soudano-sahélienne des températures de sol supérieures à celles de l'air, ainsi qu'un air particulièrement sec. En effet, l'ombre portée par des buissons tels que *Combretum glutinosum* des stations sur lesquelles il a effectué des relevés est insuffisante pour empêcher la couche d'air au contact du sol de s'échauffer et de se dessécher. La masse d'air la plus proche du sol est la plus chaude et la plus sèche. Dans les boisements de savane, en zone agricole déboisée, ce phénomène est nettement plus accentué. En savane forestière avec un sous bois important, la température mesurée s'est révélée être également plus élevée près du sol qu'à hauteur d'homme. Cependant, l'humidité de l'air est légèrement plus élevée près du sol qu'à hauteur d'homme. L'auteur, qui reconnaît parfaitement la présence de forêts galeries liées aux conditions hydriques et pédologiques propres aux bas fonds bordant les cours d'eau, n'a cependant pas pu effectuer de relevés de la température du sol sous forêt ou forêt galerie pour quantifier ce contraste microclimatique entre les savanes ouvertes et les savanes forestières.

Il existe également une influence du couvert ligneux sur les conditions générales du biotope et une influence de celles-ci, en retour, sur la végétation (autres strates et jeunes pousses). La présence d'un couvert arboré augmente la richesse floristique et la production des strates ligneuses basses et herbacées, améliore la composition minérale des sols et favorise la régénération des ligneux. (Akpo, 1993, Grouzis et Akpo, 1998)

### La hauteur de la nappe phréatique

Outre la composition physique et chimique des sols, deux facettes écologiques plus ou moins liées aux sols sont à l'origine de formations végétales localement très différentes. Il s'agit d'une part des secteurs de Bowal et d'autre part des bas-fonds. Aucun des relevés de terrain n'a permis la localisation et l'étude de secteurs de Bowal. Le phénomène de cuirasses et son impact sur la végétation ne seront donc pas ici développés. En revanche, à proximité des cours d'eau, des formations nettement plus forestières sont régulièrement observées sur le littoral.

En effet, White (1986) décrit la « plaine côtière de la Basse-Casamance » où l'importance des secteurs inondés et la proximité des nappes jouent un rôle majeur dans la constitution d'une immense forêt galerie très étendue autour des vasières et des zones dépressionnaires.

« La strate supérieure se situe à 18-20m du sol, et est constituée de grands arbres qui se ramifient généralement près du sol et possèdent des troncs penchés et de très larges cimes. Les arbres à tronc droits sont rares, ce sont surtout des *Khaya*. Les lianes de toutes dimensions sont abondantes. La strate supérieure renouvelle son feuillage avant la fin de la saison sèche, durant laquelle le sous bois de 3-5m de hauteur est également décidé dans sa plus grande partie » White (1986).

Il précise que ce paysage type n'est plus guère présent sur le terrain, largement défriché pour l'agriculture

Une grande distinction écologique, donc paysagère, apparaît en effet entre les zones riveraines et le reste des secteurs de terre ferme. Les cours d'eau, qu'ils soient constitués d'eau douce ou saumâtre, sont bordés dans l'ensemble de la région de formations végétales plus denses à la composition floristique différente : il s'agit des forêts galeries. Les forêts galeries contiennent un certain nombre d'espèces propres à la région guinéenne et aux formations forestières. Elles sont liées à la présence d'une nappe phréatique d'eau douce à faible profondeur donc accessible par les arbres (Trochain, 1940).

D'un point de vue pédologique, Trochain décrit une variation de très grande échelle relative à la proximité des cours d'eau et aux vasières qu'on y rencontre régulièrement. Le sol y est de plus en plus argileux lorsqu'on s'approche de l'eau, aux dépens du pourcentage de sable fin. Les sols contiennent de plus en plus d'eau et de moins en moins d'air jusqu'à s'approcher d'un milieu asphyxiant. En bordure des tannes, la végétation ligneuse peut disparaître si l'apport de limon colmate la surface du sol.

En effet, les bas-fonds et les vallées présentent des sols gris, riches en argile, en humus et en matière organique. Toutes les zones basses offrent en surface un sol argileux sableux et humifère relativement lourd et impénétrable. Ces sols favorisent doublement l'apparition d'une forêt galerie : les eaux s'y concentrent pendant l'hivernage et leur qualité résulte des matières organiques et des minéraux qu'ils reçoivent par ruissellement depuis les sols qui les surplombent. De plus, ces sols s'enrichissent par une rétroaction positive par les abondants et continuels apports de matières organiques d'une végétation particulièrement luxuriante.

Il s'agira donc de voir si ces conditions proches de celles des forêts galeries produisent une atténuation des fluctuations de la pluviosité ou si, la hauteur de la nappe variant elle aussi en réponse aux fluctuations de la pluviosité, les conséquences sur la végétation s'y ressentent d'avantage.

### 1.3.2.3. Facteurs humains de dégradation des paysages de terre ferme

En 1966, Péliissier notait, comme nous l'avons dit plus haut que, dans le domaine soudanien, l'homme est le seul facteur différenciateur des physionomies forestières, ce qui est encore plus évident pour la distinction entre paysages forestiers et agricoles, forcément liée aux activités humaines. Quelles activités humaines expliquent les dégradations présentées dans la littérature ?

#### *Feux*

D'après Trochain, (1936) et Péliissier (1966) les forêts se rencontrent dans quelques régions très peu peuplées où les feux de brousses sont rares. Dans ces quelques secteurs, la couverture boisée est continue et les strates ligneuses moyennes et basses l'emportent sur les graminées dans la compétition interspécifique. Cette compétition empêche le développement de la strate herbacée continue qui distingue une forêt sèche d'une savane forestière. Les formations végétales de savanes, forestières ou boisées sont toutes soumises annuellement aux feux de brousse, accidentels ou volontaires, contrôlés ou non contrôlés. Ils sont liés à de nombreuses activités anthropiques, liées à l'agriculture, à la chasse ou d'autres activités. Ces feux éliminent les strates basses et favorisent les graminées aidant ainsi à la constitution d'une strate continue, qui rentre en concurrence avec les buissons et les jeunes arbres.

Si les végétations des savanes forestières n'ont rien de primaires, Péliissier (1966), s'appuyant sur les travaux de Trochain (1940), démontre que certaines formations végétales sont en équilibre avec certaines fréquences de feux et présentent (ou présentaient en 1966) une remarquable stabilité interannuelle. Il s'agirait d'un processus de sélection d'espèces pyrophiles après laquelle la végétation serait en équilibre avec le climat, les sols et une certaine fréquence de feux. Des savanes forestières denses peuvent être retrouvées dans le Saloum, ce qui prouve que la densité des savanes et la richesse du couvert de sous-bois sont bien liées aux actions anthropiques et pas seulement au déterminisme climatique. Ces boisements sont exploités, et il ne s'agit en aucun cas de « forêt vierge » ; cependant les modes d'exploitation y sont suffisamment doux et raisonnés pour être durables. Il est également nécessaire que l'action du feu y soit faible.

Cependant, si Péliissier (1966) a mis en évidence des équilibres entre les feux peu fréquents et les savanes forestières, une trop grande fréquence de feux (ou simplement le remplacement de feux précoces par des feux tardifs) mène à une dynamique régressive de la végétation. Le port des arbres ainsi que la densité du couvert végétal sont atteints. Il en résulte une augmentation de l'éclairage au sol, lequel favorise le développement du peuplement herbacé aux dépens du peuplement arbustif. Le remplacement des

arbustes par les graminées change d'une part le microclimat, et fournit d'autre part une plus grande source de combustible aux feux qui peuvent alors prendre plus d'ampleur. Cet enchaînement accélère alors la dynamique régressive.

La prise en compte de l'augmentation ou de la diminution de la fréquence des feux ou du passage d'un système de feux précoces à un système de feux tardifs apparaît donc comme une étape importante dans la compréhension des dynamiques des paysages.

### *L'exploitation du bois*

L'exploitation du bois et la fabrication du charbon font partie des principales causes d'ouverture du peuplement arboré (Vasconcelos *et al.* 2002). L'éclaircissement de la strate arborée par exploitation peut en outre favoriser les espèces sahéliennes par rapport aux espèces soudaniennes. (Ndiaye, 1990).

À propos de l'exploitation du bois, Péliissier (1966) évoque deux essences particulièrement importantes pour les populations de la zone soudanienne : le fromager (*Ceiba pentandra*) et le Rônier (*Borassus aethiopium*, subsp. *flabellifer*). Le fromager, par la très grande taille de ses troncs, est réservé aux pièces d'œuvre particulièrement importantes, notamment les pirogues monoxyles. Les grands arbres, comme le fromager ou le cailcedrat, servent à créer des pirogues monoxyles ou, ce qui est plus rare, à tailler des planches. Cependant, cette ressource est la plus rare et la moins rapidement renouvelable, donc la plus soumise à d'importants contrôles. L'exploitation des grands arbres est donc assez fréquemment une pratique illicite et clandestine. Le Rônier est en revanche d'utilisation plus courante. Très résistant et inattaquable par les termites, il est préférentiellement choisi pour la construction des maisons dans toute la zone méridionale. En règle générale, les palmiers sont seulement favorisés, comme le sont les autres espèces des agroforêts, bien que quelques pratiques de plantation des Rôniers existent en Basse-Casamance. Le petit bois, perches pour les toitures et petites branches pour les clôtures et autres petites constructions, est une deuxième ressource. Dans ce cas, en revanche, la ressource est très grande. L'exploitation se déroule préférentiellement dans les peuplements ligneux des zones agricoles et les jachères. En effet, il s'agit des arbres les plus accessibles et qui ne posent aucun problème de propriété (Diallo, 1995). Les jachères et les arbres dans les champs ne sont pas les uniques pourvoyeurs de branches et de petit bois. Les forêts communautaires et bois villageois, les jachères ainsi que les forêts classées sont les lieux de récolte. Dans les forêts classées du Sénégal, la récolte du bois est interdite, à l'exception de quelques cas particuliers comme les espèces introduites qui semblent avoir tendance à devenir localement envahissantes comme le neem (*Azadirachta indica*) (Riss, 1989 ; Viu-Yepp 2006). Le fourrage aérien, en particulier à partir des différents acacias (Vassal, 1998), est une dernière pratique d'exploitation du bois, qui a lieu dans les différents types de végétation boisée au sein des jachères, des agroforêts et des forêts classées, dès lors que les ressources fourragères accessibles au troupeau (herbes et arbustes de jachères) ne suffisent plus à le nourrir.

### *Le pâturage*

Le pâturage des boisements est courant, mais devant l'importance de la ressource, rares sont les phénomènes de surexploitation. Bien au contraire, la gestion des parcours est souvent le moyen d'une mise en valeur comme c'est le cas des terroirs sérères, et dans une moindre mesure mandingues et diolas (Péliissier, 1966 ; Bassett et Boutrais, 2000). Parmi les cas de surpâturage, le principal est celui des îles de petite superficie aux faibles ressources fourragères dans le Saloum (Andrieu, 2007).

Les espaces pastoraux sont variables en fonction du climat et de la pression pastorale. Dans le Sine, les pâturages sont parmi les espaces les plus boisés des finages. La couverture du sol par la strate herbacée, très forte à la fin de la saison des pluies, diminue naturellement très rapidement durant la saison sèche, et ce, d'autant plus rapidement qu'elle subit l'action des troupeaux. La couverture arbustive et arborée devient, dès lors, objet du pâturage. L'effet du pâturage sur la végétation est la diminution de la biomasse foliaire des arbustes et des branches basses des petits arbres. D'une part, il y a donc création de ports particuliers, voire, dans les cas d'important surpâturage, dépérissement total de l'arbuste. D'autre part, le pâturage concerne certaines espèces plus que d'autres ou certaines seulement au moment de certains stades

physiologiques ou seulement pour certains organes. Il y a, ainsi, favorisation des espèces qui ne sont pas pâturées, celles qui ne possèdent qu'un faible intérêt nutritionnel, celles qui sont toxiques, particulièrement coriaces ou particulièrement épineuses. Notons que si, d'une façon générale en Afrique de l'Ouest, les activités pastorales ont été longtemps décrites et montrées comme un important facteur de dégradation, les espaces pâturés sont, de plus en plus, considérés comme des paysages de mise en valeur et non plus de dégradation des forêts (Basset et Boutrais, 2000).

Le caractère peu boisé des végétations exploitées ou pâturées est avant tout lié à la récurrence des feux en général et des feux tardifs en particulier. Si les espaces de savanes connaissent un feu contrôlé en tout début de saison sèche, peu de matériel brûle et les flammes basses ne causent que peu de dommages à la végétation ligneuse. Ce feu permet, de plus, d'éliminer une grande partie de ce qui constitue le combustible nécessaire à de grands feux tardifs. En effet, si ce feu dit précoce n'a pas lieu, le risque qu'un feu tardif se déclenche est plus fort. Les feux tardifs ont lieu à la fin de la saison sèche. D'une part, ils concernent une quantité de combustible beaucoup plus importante et seront donc beaucoup plus hauts, causant ainsi de plus grands dégâts. D'autre part, ils seront au contact d'une végétation plus sèche et beaucoup plus vulnérable en cette fin de saison. Ainsi, plus qu'une surexploitation des boisements, qu'il s'agisse de forêts ou de savanes, c'est la combinaison des feux répétés et d'une exploitation même faible qui cause une dynamique régressive de la végétation. Sans la présence des feux répétés, une exploitation d'une telle intensité ne mènerait probablement pas à une dégradation du couvert arboré car elle serait compensée par une régénération naturelle de la strate arborée. En effet, les espèces des savanes soudanaises produisent une quantité suffisante de graines viables et ont la capacité de se régénérer sous elles-mêmes de sorte que les prélèvements de bois seraient compensés par une régénération et l'exploitation légère ne devrait pas provoquer de dégradation. Cependant, les jeunes plantules et jeunes pousses qui pourraient permettre de compenser ces légers prélèvements sont quasi systématiquement éliminées chaque année par les feux de brousses tardifs et le pâturage (Ndiaye 1990).

Le pâturage, les feux et l'exploitation forestière, doivent être étudiés de manière globale et systémique pour comprendre les dynamiques des paysages de terre ferme.

### *Modifications du parcellaire agro-sylvo-pastoral*

Les paysages agraires et agroforestiers sont des paysages construits. On peut toutefois les différencier en fonction des conditions naturelles, identiques à celles citées plus haut pour les paysages forestiers.

Les palmeraies de Casamance et de Guinée Bissau sont une forme d'agroforesterie en ce que l'activité agricole et l'activité forestière coexistent et en ce que la strate arborée est choisie en fonction de sa capacité de production (Torquebiau, 2000). Il s'agit en effet de formations végétales changeantes cycliquement puisqu'elles dépendent d'un système de culture itinérante. Plus exactement leurs caractéristiques physiologiques et floristiques dépendent même de ces cycles et de ces perturbations régulières. À chaque brûlis, la majeure partie de la végétation est détruite, à l'exception des palmiers et de quelques autres très grands arbres. Après quelques saisons de culture, la parcelle est laissée en jachère et s'enfriche progressivement.

Les palmeraies sont toutes issues d'une sélection de palmiers par les paysans, en vue de leurs différents usages : récolte du vin et de l'huile pour les Palmiers à huile (*Elais guineensis*) et récolte des feuilles afin de nourrir le bétail pour les rôniers. La possibilité de culture sous couvert arboré est elle aussi très importante (Vasconcelos *et al.*, 2002). La place de l'exploitation des produits de la forêt et des activités agricoles sous forêt permet de distinguer différents agroforêts. En Casamance comme dans le Nord bissau-guinéen, le riz n'est pas planté dans les rizières à mangrove, il y est seulement repiqué (Cormier-Salem, 1994 ; Péliissier, 1966). Les pépinières sont pour partie itinérantes sur brûlis et interviennent dans la construction des agroforêts (Péliissier, 1966).



Les paysages de champs, complantés ou non, s'expliquent par le sarclage et le labour annuels à fin de cultures (arachide, mil, sorgho ou encore maïs) à chaque saison humide. Après la récolte, ces terrains deviennent des espaces de pâturage extensif pas ou peu surveillés. Ces grands espaces cultivés n'offrent, en dehors de la saison des cultures, que très peu de marques du parcellaire. Il s'agit dès lors de grands espaces ponctués d'arbres, de jeunes arbustes, de friches et de termitières. La place de l'arbre y est souvent expliquée par le marquage des parcelles. Ce sont souvent, dans ce cas, des arbres récemment plantés à cet effet. Par ailleurs, des arbres en mesure de faire de l'ombre sont maintenus à proximité de chaque champ par les agriculteurs pour le repos à l'ombre tant des bêtes que des hommes. Enfin, l'arbre a pour fonction de nourrir les troupeaux et leur localisation dans les champs permet d'offrir aux agriculteurs la possibilité de nourrir les bêtes de trait pendant leur utilisation au cours des labours. Quand ces champs sont abandonnés, l'enfrichement débute. Celui-ci est plus ou moins rapide en fonction de la dégradation des sols, de la présence de semenciers, de la fréquence et du caractère tardif des feux et de la pression du pâturage.

Type de paysage omniprésent dans une grande partie du Sénégal, dans le bassin arachidier tout particulièrement, les cultures extensives pluviales sont des paysages très peu arborés bien que rapidement couverts d'arbustes à la fin de la saison des cultures. Les caractéristiques des paysages de cultures extensives sont les mêmes pour les différentes cultures en dehors des bas fonds réservés à la riziculture.

Les champs densément ponctués d'arbres sont fréquents dans certaines zones destinées à des cultures nécessitant ombre et humidité ou tout simplement auxquelles on veut assurer un enrichissement de leurs sols. La principale forme de complantation dans la région est celle des parcs à acacias du Pays-Sérère (Pélissier, 1966). Un certain nombre d'autres formes de complantations existent sur des terroirs dont les sols doivent rester humides le plus longtemps possible, l'ombre des arbres étant un moyen de réduire l'évaporation et d'aider à maintenir une certaine humidité des sols (Pélissier, 1966).

Les jachères, outre celles des systèmes agroforestiers denses, sont les champs, pas ou peu complantés, qui ne sont pas cultivés, et s'enrichissent progressivement. Les buissons présents à la saison sèche sont des jeunes pousses ou des rejets de souche.

Ces différents paysages ou éléments de paysages, selon que l'on se trouve au sein d'espaces homogènes ou de mosaïques de petite taille, constituent un ou des habitats, un certain nombre de services écologiques, une capacité de production agricole et ligneuse. Aucun de ces types de paysages n'est en soi un paysage dégradé. Cependant, les changements y sont nombreux et il s'agit de savoir dans quelle mesure ces changements font passer ces espaces d'une bonne condition à une moins bonne condition. Il s'agit donc une fois encore de trouver une valeur à l'élément de paysage, au paysage ou à la structure régionale de paysage. Nous choisissons d'assimiler les changements des paysages à des formes de dégradation lorsque les ressources, les capacités de productions ou les services écologiques apparaîtront menacés à l'échelle locale ou régionale.

### Les facteurs physiques et humains de dégradation des paysages de terre ferme (1.3.2)

Les paysages de terre ferme tenant tous en quelque sorte d'un même continuum agro-sylvo-pastoral sont concernés par les mêmes formes de dégradation en dehors de quelques cas particuliers. Une fois encore la dégradation a lieu lorsque les ressources ligneuses et les services écologiques sont menacés.

Les principaux risques en sont la diminution de la biomasse ligneuse, l'appauvrissement de la biodiversité, la fragmentation des habitats. Ils peuvent être dus à la sécheresse, à une exploitation forestière inadaptée, à une fréquence trop forte de feux tardifs, à un surpâturage, à une transformation de la structure des paysages par modification des zones de culture.

### Contextes physique et humain et dégradation des paysages (1.3)

Les formes de dégradations sont nombreuses et globalement bien connues. Notre objectif est de localiser et quantifier l'importance de ces formes de dégradation, de voir si des régénérations ou compensations existent et éventuellement de préciser certains processus de leur mise en place.

### Les paysages des régions septentrionales des Rivières-du-Sud, leur évolution (1)

A partir d'ouvrages se situant à l'échelle continentale tel celui de White (1986) et en cumulant les ouvrages traitant d'un ou de plusieurs types de paysages, il est possible de réunir un jeu de connaissances sur les différents types de paysages, leur physionomie et les contextes humains et physiques au sein desquels on peut les rencontrer. De la même façon, les espèces sont assez bien renseignées séparément et l'on retrouve quelques riches synthèses sur l'organisation à petite échelle de la flore.

Cependant, quelques lacunes apparaissent et incitent à poser dans cette thèse un certain nombre de questions : Quelle est la structure des paysages à l'échelle régionale ? Quelle est la structure de la flore à l'échelle régionale ? Ces deux structures sont-elles concordantes ou discordantes ?

Quant aux processus de changements et notamment à ceux de dégradation, la littérature en évoque, décrit et explique un certain nombre. Un rapide examen du passé permet de préciser que les principaux types de paysages actuels datent de la fin de l'ère précoloniale ou du début de l'ère coloniale, périodes durant lesquelles, non seulement un certain nombre de nouveaux types de paysages se sont développés, mais également où se sont étendus ceux qui dominent aujourd'hui. L'ère postcoloniale a provoqué d'assez importantes modifications politiques et économiques liées à la mondialisation (intervention des ONG conservationnistes, libéralisation des économies, privatisation) qui, ajoutées aux fluctuations de la pluviosité (période de plus grande sécheresse de 1968 à 1994, période de retour à des conditions assez pluvieuses depuis) sont probablement les principaux facteurs de changements dans les paysages au cours des trois dernières décennies.

Cependant, si un certain nombre de changements ont été mis en évidence, leur bilan, et leur analyse aux échelles locales et régionales, en terme de qualité des paysages avant et après le changement n'ont que partiellement été faits. Il s'agira pour nous de mettre en place des outils de bilan et de comparaison de la qualité des paysages pour débattre de la dégradation. Ce bilan implique une cartographie et une identification des principaux types de changements, une description des processus de ces changements et une comparaison des situations à la fin des années 1970 et aujourd'hui pour examiner dans quelle mesure ces changements ont mené à des situations moins favorables constituant des formes de dégradation.

## 2. Méthode d'analyse de la dynamique des paysages

Le chapitre précédent a tenté une synthèse des connaissances acquises par la communauté scientifique sur les paysages et la végétation des régions septentrionales des Rivières-du-Sud, et des changements qui les affectent. Ce chapitre revient sur les méthodes et techniques couramment employées pour réaliser une analyse critique de la notion de dégradation, et des méthodes généralement utilisées dans son analyse (2.1). Cette analyse critique conditionne nos choix en matière de méthode, en sélectionnant un certain nombre d'outils qui apparaissent les plus performants et en évitant ce qui nous a semblé apporter des biais à certaines analyses (2.2).

### 2.1. Attitude de la recherche face aux changements des paysages

A la lecture des travaux sur les paysages du littoral de l'Afrique de l'Ouest, le bilan apparaît extrêmement négatif : tous les types de paysages évoqués sont considérés comme dégradés, toutes les régions connaissent leur cortège de dégradation des paysages et de la végétation. Il est donc apparu nécessaire de porter un regard critique sur ce paradigme (2.1.1). Ensuite, il sera fait une comparaison des techniques souvent employées pour l'étude de la dégradation, laquelle permettra de construire une méthode efficace, objective et généralisable (2.1.2).

#### 2.1.1. Que retrouve-t-on sous le mot « dégradation » ?

Comme cela a été évoqué dans l'introduction, derrière le concept de dégradation se retrouve un état de référence, à partir duquel tout changement est considéré comme négatif. Ce schéma nous apparaît contestable et nous avons souhaité revenir dessus. Dans un premier temps seront analysés les états de référence utilisés dans les travaux sur la dégradation des paysages et de la végétation sur le littoral de l'Afrique de l'Ouest : l'époque coloniale (1.3.1.1) ou l'état de Nature (1.3.1.2). Enfin, c'est l'emploi d'un état de référence dans le cadre d'un système dynamique qui sera discuté (1.3.1.3).

##### 2.1.1.1. L'époque coloniale : un âge d'or ?

Les terroirs sérères, les terroirs de la riziculture diola, ceux des cultures sur brûlis à jachère longue dans le Nord bissau-guinéen, insérés dans une matrice continue de savane forestière dense au nord et de forêts au sud, sont considérés implicitement, dans la littérature, comme les valeurs positives et emblématiques d'une sorte d'âge d'or des paysages agricoles et forestiers sur le littoral de l'Afrique de l'Ouest.

***Où et à quelles époques ces types de paysages et ces pratiques ont-ils été observés ? Quelles étapes de l'évolution des pratiques et des paysages sont considérées comme des références « positives » ?***

Les terroirs sérères ne sont pas une forme agricole immobile héritée depuis plusieurs siècles. Depuis la principale migration depuis le Foula au XI<sup>e</sup> siècle, ils ont connu d'importantes évolutions sinon de constantes évolutions. Avant la colonisation et la culture de l'arachide, le Pays Sérère constituait un territoire forestier où chaque village formait une clairière et où l'assolement était biennal (mil-jachère). L'intégration de la culture de l'arachide au XIX<sup>e</sup> siècle, et d'autre part la forte densification de la

population, ont transformé ces espaces forestiers en un vaste espace agricole où les terroirs sont contigus, les parcs à acacias ayant remplacé la savane, et où l'assolement est devenu triennal (mil-arachide-jachère) (Lericollais, 1983). Cette forme du terroir sérère est décrite par Pélissier (1966) comme une admirable forme d'agriculture intensive permettant le maintien d'un couvert boisé. Ainsi, premièrement, les géographes ruralistes ne présentent pas l'aménagement (donc le défrichement) du Pays Sérère en zone agricole comme une dégradation, contrairement à White (1986) qui déplore la disparition de certaines formations défrichées pour les cultures. Deuxièmement, la modernisation du labour, la sécheresse des années 1970 et 1980 et le passage d'un assolement biennal (mil-arachide) ayant provoqué à la fois la disparition d'une partie des acacias et la suppression de la jachère, mènent cette fois dans l'esprit des ruralistes à une « dégradation ». Sans se prononcer sur le caractère négatif de ces évolutions successives, cet exemple permet de mettre en évidence qu'il existe des états de référence subjectifs. Ces états de référence sont subjectifs car ils varient d'une discipline à l'autre, d'une période de la recherche à une autre, d'un chercheur à l'autre. Or ces états servent à juger les évolutions et mènent à ces constats de dégradation dont cette thèse cherche à démontrer qu'ils sont parfois erronés.

Autre exemple similaire, lorsque Sidibé (2005) évoque la « colonisation » d'une forêt classée par les cultivateurs de l'arachide, il parle d'un espace qui a été protégé à l'époque coloniale par l'administration coloniale entouré d'un espace qui a été protégé à l'époque coloniale par l'administration française, entouré d'un espace qui a été défriché pendant et après cette période coloniale. Cette fois, ni le défrichement pour la production arachidière de la majeure partie du territoire, ni la protection d'un espace forestier où les activités humaines sont bannies ne sont nullement jugés de façon négative. Cependant, lorsque la situation change de nouveau, et que la forêt classée est elle-même défrichée, il s'agit, selon Sidibé (2005), d'une dégradation.

De façon comparable, si la riziculture de mangrove dans les Rivières-du-Sud est très ancienne, elle a tout de même évolué sur certains points à l'échelle des siècles. En effet, c'est l'acquisition du fer permettant d'une part de vaincre les guerres et d'occuper un territoire plus grand et d'autre part d'améliorer le kadyendou, outil de façonnement des digues, diguettes et sillons, qui a permis la plus grande extension des rizières au cours du XIX<sup>e</sup> siècle (Wright, 2004). Cette phase d'étendue maximale est celle qui a été analysée par les géographes du début jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle. De plus, dans une optique ruraliste, les rizières diolas, par l'ingéniosité des techniques employées et leur productivité, sont toujours considérées comme « bonnes sous tous rapports ». L'âge d'or, l'état de référence est donc celui de leur plus grande extension (quelle que soit la réduction des massifs de mangrove qui en a résultée, ou l'extension qui résulte, aujourd'hui, de leur déprise relative). Ces dernières décennies, ces surfaces cultivées ont diminué dans un contexte de manque de main d'œuvre et de salinisation des sols. Cependant, sur quelle base peut-on se placer pour affirmer que le retour à une extension moindre des rizières est une dégradation ?

Dans les trois exemples développés, les géographes ruralistes prennent comme âge de référence le milieu du XX<sup>e</sup> siècle (la fin de l'ère coloniale). Les études biogéographiques comme les travaux de Ndiaye ou Avenard (1990), témoignant par exemple de la disparition des espèces guinéennes remplacées par les espèces soudaniennes ou des espèces soudaniennes remplacées par les espèces sahéliennes, prennent comme état de référence la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, époque d'investigation pour la science coloniale durant laquelle les principales descriptions et études ont été établies.

### ***Quelle est la valeur, au regard de l'histoire des paysages et de la végétation ouest-africains d'une référence placée dans la première moitié du 20<sup>ème</sup> siècle ?***

Un point commun à un certain nombre de travaux scientifiques sur les paysages et les sociétés rurales ouest-africaines est la prise en compte du début ou du milieu du XX<sup>e</sup> siècle comme état de référence.

Climatiquement, les années 1940 ou 1950 ont souvent été prises comme état de référence pour la pluviosité en Afrique de l'Ouest (pour notre thème ou zone d'étude : Sadio, 1991). Or, il est aujourd'hui assez communément admis qu'il s'agissait d'un épisode particulièrement pluvieux (Nicholson, 2005, Hulme, 2001). Les déficits calculés par rapport à cette période seraient donc particulièrement forts et on pourrait même les considérer comme surestimés.

Culturellement, l'introduction d'outils, de techniques et de nouvelles espèces (ou variétés) culturales par les européens a modifié la biodiversité agricole et agroforestière, et donc les modes de cultures, dès le seizième siècle, avec l'introduction dans cette région de nombreuses espèces animales et végétales. Or ces transformations, que personne n'a considérées comme une dégradation des paysages, ont permis une amélioration des conditions nutritionnelles et donc un accroissement de la population.

Les défrichements dans la région du Saloum pour une culture permanente extensive datent eux du début du XX<sup>e</sup> siècle, et sont encore en cours aujourd'hui (Sidibé, 2004). Ainsi les paysages agricoles et forestiers, antérieurs à cette période charnière, pourraient apparaître comme une référence pertinente. Cependant, on peut supposer que les cultures sur brûlis ont été modifiées dans leurs rythmes et leurs localisations, soit par l'importation de nouvelles espèces au XVI<sup>e</sup> siècle, soit par l'accroissement de la population qui en a résulté. Quoi qu'il en soit, la prise en considération comme état de référence des années 1920-1930 qui correspond au début des grands défrichements et donc à une phase de grande transformation nous paraît discutable. On peut en effet se demander si les paysages de rizières mis en place au début de l'ère coloniale doivent servir de référence pour l'analyse des évolutions qui ont eu lieu après les indépendances.

### 2.1.1.2. De l'emploi d'un état de référence naturel

Les écologues utilisent comme état de référence l'état de « nature » sous sa forme scientifique mais néanmoins tout autant âprement discuté, le *climax*. On retrouve cette référence employée par Trochain (1940) et Avenard (1968) quand ils parlent du caractère dégradé des formations végétales boisées. En effet, dans l'optique écologique, la dégradation est un changement qui s'éloigne du climax, physionomiquement ou floristiquement parlant.

#### *Quelle est la définition de la dégradation au sein des sciences qui s'intéressent à la végétation ?*

La dégradation est l'« évolution sensible d'un élément du milieu, dans le sens d'une détérioration : soit par rapport à un état antérieur considéré comme meilleur, soit par rapport à un modèle ou à une norme de référence. » (Da Lage et Métaillé, 2000). La définition démontre ici la conscience des sciences de la nature de l'emploi d'un « modèle » ou d'une « norme de référence » au sein du concept de dégradation<sup>26</sup>.

#### *Quelle est la valeur, au regard de la question de l'interaction Homme-Nature, d'une référence à la nature ?*

Il s'agit tout d'abord de prendre en compte le caractère purement théorique du concept de nature, du moins dans les études des paysages et de la végétation ouest-africaine. Aucun des types de paysages du littoral ouest-africain, ni au début XX<sup>e</sup> du siècle, ni au début du XXI<sup>e</sup>, ne peut être défini comme vierge de toute action anthropique<sup>27</sup>. De plus, ils ne l'étaient très probablement pas non plus au temps des plus anciennes descriptions. Ainsi, il n'est pas possible de se référer à un état de nature pour juger de l'amplitude des changements et de la dégradation des paysages et de la végétation en Afrique de l'Ouest depuis celui-ci.

Cependant, le concept de « végétation naturelle », tout théorique qu'il soit, peut être très utile pour l'analyse de la dégradation ou celle des changements. Il permet d'offrir à la réflexion une base où la végétation est imaginée en fonction de ce que l'on sait des relations végétation – milieu. L'utilisation de la

---

<sup>26</sup> Un concept qui lui est étroitement lié et, qui, lui est clairement défini est celui de la dynamique de la végétation : « succession graduée de formations ou de groupements végétaux, qui traduit, au cours du temps l'évolution physionomique et floristique de la végétation d'un lieu donné », avec la définition de la dynamique régressive : « A partir d'une situation donnée, péjoration du couvert végétal, par stades successifs ou se produisant brutalement, jusqu'à une disparition éventuelle. » (Da Lage et Métaillé, 2000).

<sup>27</sup> Cependant, la forêt de mangrove dans certaines îles des régions les moins peuplées est l'objet de transformations tellement infimes que l'emploi du terme naturel pourrait se justifier.



référence naturelle dans le cadre de l'étude de la dégradation de la végétation ne doit pas être assimilée à une idéologie écologiste visant à recouvrir le monde de forêts naturelles, mais il peut apparaître intéressant d'utiliser ce concept tout en ayant conscience que la construction de paysages agraires n'est pas forcément une « dégradation des paysages » naturels.

### 2.1.1.3. Etat de référence et systèmes dynamiques

Une critique récurrente à l'emploi d'un état de référence naturel ou daté comme étant celui du début du XX<sup>e</sup> siècle est de ne pas être adapté au caractère dynamique des systèmes naturels et sociaux, de leurs interactions et de l'impact de ces dynamiques sur les paysages. En effet, on sait qu'un certain nombre de milieux sont dynamiques. La mangrove, par exemple, dans un certain nombre de cas, réagit directement à la sédimentation et la zone couverte de palétuviers peut varier au fur et à mesure de la sédimentation car la mangrove occupe un étage précis de l'estran. Ainsi, une nouvelle vasière déposée dont l'altitude est celle de la forêt de mangrove pourra être rapidement colonisée par les palétuviers. Une vasière nouvellement rehaussée au-delà de cette altitude verra la disparition de la mangrove. Quelle signification possède une carte ou une quantification des superficies à un instant donné par rapport à un autre si le système est en soi mobile ? Quels changements sont inhérents au système dynamique et quels changements sont liés à une modification du système dynamique ?

Or, les variations climatiques (1.2.1.3.) sont un premier exemple du caractère dynamique des systèmes naturels. La végétation répond à ces changements, d'abord par sa phénologie (Heumann *et al.*, 2007, Sultan *et al.* 2005, Camberlin 2007) puis, avec un temps de réponse variable selon les espèces, par la géographie de sa flore (Michel, 1990, Ndiaye, 1990), ce qui peut avoir une conséquence sur les paysages. Cet enchaînement de conséquences est aujourd'hui encore mal connu. Cependant, bien que les liaisons entre fluctuation du climat, la flore et les paysages doivent être étudiées dans ce travail, l'hypothèse d'une réaction brutale et directe de la flore et des paysages à toute fluctuation du climat est assez peu probable. En dehors des fluctuations du climat, et même en faisant abstraction des feux d'origine anthropique, il est possible de supposer que des feux d'origine naturelle pourraient détruire tout ou partie de la végétation qui se reconstituerait progressivement.

Quant aux sociétés, elles ont toutes une histoire, la société traditionnelle, immuable, n'existant pas. Elles s'adaptent plus ou moins aux influences économiques, politiques et naturelles et à leur propre dynamique démographique, l'innovation et la migration étant les principales adaptations. Ainsi il est difficile d'appliquer un schéma où T0 serait un état de référence aux valeurs positives et à partir duquel les changements seraient des dégradations, qu'il s'agisse des sociétés comme des milieux.

Dans un cadre où le milieu change suivant un ensemble de cycles séquentiels ou emboîtés et où les sociétés sont elles même en constante évolution, les influences de la société sur son environnement et tout particulièrement sur les paysages ne peut être perçu que comme un élément du système, lui aussi, en constante évolution.

#### Que retrouve-t-on sous le mot « dégradation » ? (2.1.1)

A l'instar de Fairhead et Leach (1995) à propos de la Guinée, l'analyse des schémas à l'intérieur desquels sont élaborés les constats de dégradations nous ont porté à en faire une analyse critique. Premièrement, ces constats reposent implicitement sur l'existence passée d'un âge d'or, période idéale pour les sociétés ou période d'équilibre de la nature après laquelle commence la dégradation des paysages. Deuxièmement, les paysages ouest africains ne sont pas et n'ont probablement jamais été statiques. Ces paysages sont pour la grande majorité en constante évolution. Ainsi, la mangrove évolue par elle même selon les dynamiques hydrosédimentaires, les sociétés agraires évoluent en permanence depuis plusieurs siècles...

## 2.1.2. Comment est étudiée la dégradation des paysages et de la végétation dans la littérature ?

Trois exigences méthodologiques se retrouvent dans la littérature et semblent nécessaires pour une étude pertinente de la dégradation des paysages et de la végétation : la présence d'une expérimentation explicitement énoncée, et le plus possible reproductible et généralisable (2.1.2.1), une cartographie et quantification précises des changements aux échelles moyennes et petites (2.1.2.2), une prise en compte de la végétation en tant qu'objet constituant le paysage et ayant une dynamique propre qui participe de la dynamique des paysages (2.1.2.3).

### 2.1.2.1. Des constats de changement s'appuyant sur un dispositif adapté

Dans les ouvrages s'appuyant sur la télédétection, les procédures de détection des changements sont assez fréquemment énoncées (Moreau, 1992 ; Tappan *et al.*, 2000 ; Vasconcelos *et al.*, 2000 ; Moreau, 2005 ; Heumann *et al.*, 2007 ; Camberlin, 2007). Un grand nombre d'études de terrain (sciences de la nature, enquêtes) énoncent également, notamment en ce qui concerne l'échantillonnage des données récoltées (Poupon 1976 ; Poupon, 1977 ; Marius et Lucas, 1982 ; Lericollais, 1972 ; Lericollais, 1989 ; Marius *et al.*, 1986 ; Cormier-Salem, 1989 ; Woomer, 2004). Enfin, le troisième volet où se retrouvent quasi systématiquement énoncées les techniques d'analyse concerne l'emploi des statistiques pour le traitement des données (Viellefon, 1977 ; Marius, 1985 ; Wiggins, 2000 ; Woomer, 2004).

Or, trop souvent, la dégradation est présentée comme un état de fait. Par exemple Diouf (1996) dans un ouvrage sur des ressources halieutiques et Cormier-Salem (1989) dans un ouvrage sur les pratiques de pêche, présentent la coupe forestière comme un facteur de dégradation des paysages de mangrove mais sans recours à des quantifications ni à la mise en évidence du processus. C'est également le cas d'ouvrages ou de paragraphes portant directement sur la dégradation de la mangrove par Sà (1994) et Guiral (1999) ou des boisements de terre ferme (Ndiaye, 1990, Michel, 1990).

Si les analyses de télédétection, les analyses statistiques les techniques de terrain s'appuient sur des dispositifs techniques énoncés et discutés, pourquoi ne pas s'imposer cette rigueur à chaque étape de l'analyse, et d'abord, pour chaque partie de l'étude (détection des changements, description des changements, compréhension des changements) mais aussi lorsqu'il s'agit de porter un jugement de valeur sur ces changements et d'affirmer si un changement constitue, ou pas, une dégradation

### 2.1.2.2. Quantification et cartographie aux échelles moyennes et petites

Comme nous l'avons évoqué plus haut, les changements qui se réalisent à l'échelle régionale et qui ont été abondamment abordés dans la littérature sont :

- le déboisement des mangroves dans les zones hyperhalines (Marius, 1985, Sadio, 1991),
- le défrichement des boisements de terre ferme pour la culture de l'arachide au Sénégal (Sidibé, 2005),
- la dégradation des boisements par appauvrissement des espèces et ouverture croissante du peuplement, (Ndiaye, 1990 ; Michel, 1990)
- l'abandon des rizières en Casamance et dans le Nord de la Guinée-Bissau (Écoutin, 1999 ; Bosc, 2005),
- la conversion d'agroforêts en vergers d'anacardiens en Guinée-Bissau (Vasconcelos et al, 2004).

Cependant, une lacune commune aux analyses de ces changements est la connaissance de la répartition précise des espaces où ils ont lieu et donc de leur importance spatiale. Il apparaît aujourd'hui nécessaire de cartographier et de quantifier, ces changements, ce qui n'est fait que dans un faible nombre de cas. Ces étapes, outre qu'elles apportent de nouveaux éléments pour la compréhension de ces changements, permettent de les relier les uns aux autres, de les comparer dans le temps et dans l'espace et de les replacer dans une approche macro-régionale et systémique.

Parmi quelques articles qui abordent la question de la cartographie ou de la quantification des évolutions des paysages ou de la végétation, Moreau, (2005) présente des cartes de la mangrove à trois

dates pour le Delta du Saloum, Tappan *et al.* (2000) présentent une ou deux cartes de changements à l'échelle locale ainsi qu'une quantification de l'évolution des surfaces des différents éléments d'occupation du sol à l'échelle du Sénégal et Vasconcelos *et al.* (2000) présentent des cartes des changements et des quantifications des évolutions de surface des différents éléments d'occupation du sol de deux secteurs protégés de Guinée-Bissau. Quant aux changements, s'appuyant sur des images satellites, Tappan *et al.*, (2004), Vasconcelos *et al.* (2000) se contentent de juxtaposer des cartes d'occupation du sol à deux dates. Moreau (2005) croise des cartes de la mangrove dans le Saloum aux différentes dates et présente des cartes et quantifications de changement.

L'un des principaux objectifs de cette thèse sera donc de combler un manque en produisant une cartographie et une quantification aux échelles moyennes et petites des changements intervenus dans le couvert végétal de la partie nord des Rivières-du-Sud.

### 2.1.2.3. Une étude du changement fondée sur l'analyse du couvert végétal

Les travaux basés sur l'analyse des images de télédétection, s'ils permettent une cartographie des changements et s'appuient sur des dispositifs reproductibles, comprennent une limite liée à la faible prise en compte du contenu botanique des types de paysages, de leur structure horizontale et verticale. Nous examinerons donc plus précisément les travaux des biogéographes et des géographes ruralistes pour en extraire les connaissances et savoir faire qui permettent la prise en compte de la complexité de la végétation et des paysages dans l'étude de leurs évolutions.

Les études de dégradation des paysages des vasières s'appuient sur des connaissances pédologiques (Vieillefon, 1977 ; Marius, 1985) ou sur les sociétés (Écoutin *et al.*, 1999 ; Bâ *et al.*, 1999). Cependant, la description précise de la formation végétale elle-même, dans le cadre des études de changements, fait assez nettement défaut. Par exemple, la présentation des conversions de rizières en mangrove ne décrit pas précisément la composante végétale « forêt de palétuvier » qui est défrichée (Pélissier, 1966 ; Sà, 1944 ; Écoutin *et al.*, 1999 ; Bâ *et al.* 1999 ; Bosc, 2005). Diop (1996) effectue des schémas de la zonation à différents niveaux de défrichement où il représente la forêt de mangrove avant le défrichement. Or, d'un point de vue écologique, qu'une rizière s'installe sur un fourré ouvert de palétuviers dépérissants ou sur une forêt haute et dense de palétuviers constitue une différence notable. Les processus de la reconquête par la mangrove des rizières abandonnées n'ont pas non plus été étudiées en termes de dynamique végétale : existe-il une espèce pionnière ? Existe-il des conditions de dépôt, de survivance de propagules ? De la même façon, si l'analyse de la tannification est extrêmement bien avancée d'un point de vue pédologique (Vieillefon, 1977 ; Marius, 1985 ; Loyer, 1989 ; Montoroi 1996b), le dépérissement de la végétation qui y est lié, ses rythmes, ses processus, en liaison avec la taille, l'âge des arbres ou avec les espèces, est encore mal connu. La principale référence est le travail de Dahouh-Guebas et Koedam (2000), cependant il concerne le Banc d'Arguin (Mauritanie) qui diffère en de nombreux points des estuaires et deltas des régions septentrionales des Rivières-du-Sud.

Les études de la dégradation des paysages de terre ferme s'appuient sur les mêmes méthodes et connaissent globalement les mêmes lacunes thématiques et méthodologiques. Si la dégradation des savanes au Sénégal est étudiée d'un point de vue paysager et botanique par Trochain en 1940, la grande majorité des études se contente d'affirmer qu'il y a dégradation et de dresser des listes de facteurs explicatifs. La végétation dans sa double dimension floristique et physiognomique n'est que très rarement étudiée de façon dynamique au sein des études sur les paysages agricoles et forestiers. Par exemple Michel (1990) traite seulement des paysages agraires, de la flore, mais pas des paysages végétaux.

Des travaux plus complets de ce point de vue (Poupon, 1976 ; Poupon 1977 ; Ndiaye, 1990) étudient la structure du paysage, les strates et la densité de la végétation en y associant la structure spatiale vue du ciel et la dimension floristique. Cette approche plus complète et donc plus adaptée à la complexité du rôle de la dynamique de la végétation au sein de la dynamique des paysages sera employée. Ces analyses

qui tiennent compte de la végétation, comme agent au sein du paysage, de sa capacité à évoluer par elle-même, offrent une vision beaucoup plus précise de la dynamique des paysages.

Ainsi, au même titre qu'il apparaît nécessaire d'effectuer une cartographie et une quantification des changements de la l'occupation du sol pour définir une méthode qui soit à la fois performante et complémentaire des acquis scientifiques, nous proposons de placer la végétation (flore et physionomie) au sein des analyses de la dynamique des paysages. En d'autres termes, on étudiera d'abord comment les facteurs de changement agissent sur la végétation et ensuite comment la dynamique végétale mène à une dynamique du paysage (temps de réaction, résistance, résilience...).

L'autre limite méthodologique, commune à une majorité des travaux est l'examen d'un unique élément de paysage, de deux éléments pour le passage de l'un à l'autre ou, au mieux, d'un type de paysage et très rarement de l'examen de l'ensemble des paysages d'une zone, de leurs relations et des évolutions concomitantes voire corrélées. Par exemple, Lericollais (1989), traite exclusivement des paysages agraires. Ainsi, nous ferons ici le choix d'établir une liste assez exhaustive des paysages de la zone d'étude, de les étudier tous et d'étudier les relations entre eux et entre leurs dynamiques. La concrétisation la plus apparente de cette exigence méthodologique est la prise en compte simultanée des vasières et de la terre ferme. À une échelle plus fine, il s'agit également d'intégrer la diversité des paysages dans les réflexions sur la dynamique des paysages et les conséquences que l'on peut en tirer sur une éventuelle dégradation de ceux-ci.

#### **Comment est étudiée la dégradation des paysages et de la végétation dans la littérature ? (2.1.2)**

L'analyse critique des méthodes employées a permis d'énoncer un assez grand nombre d'enjeux dans la construction du schéma méthodologique de cette thèse :

- quantifier et spatialiser le plus finement possible les phénomènes étudiés,
- ne dresser de bilans qu'aux échelles petites et moyennes,
- mettre en place des dispositifs, les plus fiables possibles, de détection et de description des changements,
- placer la végétation, sa structure spatiale et sa propre dynamique au centre des réflexions sur les processus de changement.
- expliquer les changements après examen des pratiques, de leurs impacts et des facteurs physiques de leurs conséquences et des modalités d'interaction entre les différents facteurs.

#### **Attitude de la recherche face aux changements des paysages (2.1)**

L'analyse méthodologique de la bibliographie se référant à notre thème et zone d'étude a permis de tirer le meilleur profit de nombreux travaux d'une grande richesse thématique et méthodologique. Ainsi, nous avons considéré nécessaire de dresser un cadre d'étude objectif des changements. Celui-ci doit prendre en compte la spatialisation et la quantification des phénomènes et mener à une bonne compréhension des processus et des facteurs de changements. Pour cela, il doit croiser l'analyse d'images satellite, qui permet une cartographie rapide et précise, les analyses naturalistes de terrains pour compléter les connaissances des paysages et de la végétation et les enquêtes en village. A l'issue d'une telle analyse systématique du changement, il devrait être possible de discuter des tendances de péjoration, de changement neutre ou d'amélioration propre à chaque dynamique.

## 2.2. Méthode pour une analyse de la dynamique des paysages végétaux

La méthode développée dans ce mémoire s'appuie sur les connaissances méthodologiques issues de l'état de la bibliographie et les compétences acquises en géographie physique (2.2.1), complétée en écologie et en ethnobiologie notamment au travers du DEA EMTS (2.2.2). Cette méthode, qui a pour objet de produire des résultats nouveaux sur la dynamique des paysages sur le littoral ouest-africain, pour débattre de la dégradation de ceux-ci, sera présentée et critiquée (2.2.3)

### 2.2.1. Une approche avant tout géographique

Cette thèse est une thèse de géographie. En ce sens, elle pose les deux questions qui fondent une réflexion géographique : **où ?** (2.1.1) et **pourquoi ici plutôt que là ?** (2.1.2). Elle se définit donc autant par la zone d'étude que par l'échelle ou plutôt par les différentes échelles d'analyse (2.1.3).

#### 2.2.1.1. Spatialiser d'abord...

L'étude de la localisation, la situation, l'extension spatiale, la forme dans l'espace des phénomènes ou objets étudiés ou mis en évidence doit être systématique. Elle permet de mettre en évidence les structures spatiales des objets étudiés. Or ces structures spatiales constituent l'une des principales informations que le géographe utilise pour ses déductions. Il ne s'agit pas de se contenter de localiser les objets ou de les cartographier mais bien d'étudier systématiquement les structures spatiales de l'objet étudié en relation avec les structures spatiales des objets avec lesquels il peut être lié.

##### ***Produire des cartes les plus précises possibles***

La précision de la localisation est rendue de plus en plus incontournable par les croisements d'informations spatiales. Les cartes diachroniques nécessitent une superposition parfaite d'une date à une autre date. La recherche de corrélations spatiales entre deux informations nécessite également un géoréférencement le plus précis possible des données.

Pour cela, produire des cartes précises nécessite un long prétraitement des données satellitaires, des données de terrain, des données récoltées dans la littérature, notamment en ce qui concerne le calage géographique des données entre elles. Les images satellites téléchargées sur le site de l'université du Maryland sont géoréférencées en UTM WGS 84. Cette projection et ce système de coordonnées seront appliqués aux photographies aériennes qui seront recalées sur l'imagerie satellite.

Ensuite, la précision réside dans le choix des outils de spatialisation, GPS pour les données de terrain, résolution haute des documents annexes tels que des cartes topographiques, ou des cartes anciennes. Un grand soin doit notamment être apporté dans la réalisation de l'ensemble des typologies, discrétisations, interprétations de tous les éléments spatialisés et cartographiés.

##### ***Spatialiser pour caractériser les changements et les facteurs de changement***

La spatialisation, entendue au sens très large de décrire les aspects spatiaux d'un phénomène sous toutes ses formes (localisation, situation, extension, mesures de superficies, distances, modes de transitions...), est commune à plusieurs objectifs de ce travail.

Premièrement, spatialiser les types de paysages et la flore au début des années 2000 est une étape incontournable pour une thèse de géographie sur la végétation. Mais, bien au delà d'un simple passage obligé, voire



d'un exercice académique, c'est l'appréhension de la région étudiée, en tenant compte de ces zones homogènes et de son hétérogénéité, qui est ainsi visée. Ainsi, la géographie des types de paysages, celle de la flore et celle des rythmes biologiques doit constituer une base de données qui peut être analysée pour produire des résultats pour la compréhension et l'interprétation des phénomènes.

Deuxièmement, dans la mesure où la discussion sur la dégradation nécessite une étude complète des changements, la spatialisation de ces changements constitue une autre étape indispensable. Dresser un bilan des changements, c'est avant tout dire où et combien les paysages ont changé, les changements pouvant ne pas avoir le même sens dans des régions aussi différentes que le Sine et les rives du Rio Mansoa. La prise en compte de l'extension spatiale, de la situation par rapport aux facteurs écologiques locaux et micro-locaux et par rapport à la location des activités humaines ainsi que la forme des tâches de ces changements nous est apparue indispensable.

Troisièmement, la spatialisation est un complément nécessaire à la description et à l'établissement, à un moment précis, de l'état des paysages et de la végétation. Parmi les critères de définition d'un paysage dégradé qui seront développés plus tard, certains tiennent par ailleurs directement à la dimension spatiale des éléments de paysage, si l'on se réfère, par exemple, aux théories de l'écologie du paysage concernant le rôle de la structure des éléments qui le composent (Forman et Godron, 1986 ; Baudry et Burel, 1999) ici développé avec quelques indices de fragmentation de la couverture boisée régionale. Autre exemple : énoncer qu'en un lieu donné un paysage est dégradé ne peut en aucun cas permettre de dresser un bilan de la dégradation à l'échelle régionale. Un certain nombre de questions doivent être soulevées telles que : cette dégradation concerne-t-elle de grandes superficies ? Cette dégradation se retrouve-t-elle dans différentes régions ? Concerne-t-elle une part importante du type de paysage ? Cette dégradation s'accompagne-t-elle d'autres formes de dégradation (du même type de paysage ou des autres) dans la même région ?

### 2.2.1.2. ...Expliquer ensuite

La prise en compte de la dimension géographique des phénomènes étudiés n'est qu'une partie du raisonnement consistant à l'explication de ces phénomènes. Celle-ci doit, en effet, être le fruit d'une analyse de l'impact des différents facteurs potentiels de changement et des processus de réaction de la végétation à chacun d'entre eux. Par ailleurs, la multiplicité des facteurs de changements potentiels et la forte probabilité d'interactions entre eux rend délicate cette démarche.

Le changement d'un paysage ou d'une formation végétale en un point donné doit être expliqué par la localisation de ce paysage, ou de cette formation végétale, dans la double trame des facteurs écologiques et des facteurs anthropiques tous deux considérés aux échelles macro-régionales, micro-régionales et locales. Il faut aussi replacer l'ensemble de ces facteurs dans une dimension temporelle. Quel(s) facteur(s) a(ont) connu une évolution dans les années précédentes, ou au moment précis, où le paysage a évolué ? Et dans le deuxième cas, quel est le temps de réponse de la végétation (d'un point de vue phénologique, floristique, paysager) et des systèmes ruraux au changement intervenu en raison de tel ou tel facteur ? Pour répondre à cette question, il nous a semblé nécessaire de mettre en place une approche systémique qui sera plus amplement décrite par la suite (2.2.2.3).

La deuxième étape du raisonnement est la reconstitution du processus de changement. Pour expliquer un changement, il ne suffit pas de mettre en évidence le facteur de changement, il est également nécessaire de décrire comment ce facteur modifie les paramètres du système : dans le cas du changement d'un paysage, il s'agit de mettre en évidence, par exemple, comment la végétation réagit à l'évolution d'un facteur naturel ou d'une action anthropique ou comment un ensemble de pratiques agro-sylvo-pastorales réagit à une évolution des conditions environnementales ou socio-économiques. Ainsi, pour constituer la dynamique du paysage, la prise en compte de la cinématique de la végétation sera un passage obligé de notre réflexion sur les facteurs de changement.

### 2.2.1.3. Echelles spatio-temporelles

Lorsque l'on pose la question de l'agencement de la végétation et de l'importance des ressources ou de leurs évolutions dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud, l'étude doit se placer à l'échelle macro-régionale, c'est-à-dire celle de l'ensemble de la zone d'étude. Cependant, dès lors que l'on cherchera à mieux comprendre ces phénomènes, il sera nécessaire de se placer à des échelles plus fines. Par exemple, les massifs de mangroves et les éléments de paysages associés : tannes et rizières de mangrove, évoluent,

entre autres, par le biais des conditions hydrologiques. Or, celles-ci ne peuvent pas être appréhendées à l'échelle de l'ensemble des régions septentrionales des Rivières-du-Sud mais à une échelle plus grande, par exemple, celle d'un delta ou d'un estuaire et de la bande de terre ferme qui le borde (Saloum, Gambie, etc...). Enfin, lorsque l'on veut comprendre les processus de changement et en distinguer les facteurs, l'échelle adaptée est locale. Par exemple des enquêtes auprès des villageois seront effectuées pour comprendre les pratiques et leurs impacts sur le milieu. Nous adoptons ainsi d'emblée une démarche par échelles emboîtées où les questions sont posées à petite échelle, où elles trouvent des éléments de réponse aux échelles plus grandes. Ces éléments de réponse nécessitent ensuite une certaine généralisation spatiale pour retourner vers les échelles régionales.

Si l'approche multiscalaire permet d'adapter l'étude de chaque phénomène à l'échelle la plus adaptée à sa compréhension, elle possède un certain nombre de limites. Premièrement, elle suppose une multiplication des études et le risque en est un manque d'approfondissement en comparaison avec une étude à une échelle fixe, qui pourra mieux appréhender l'ensemble des processus propres à cette échelle. Elle apparaît notamment en contradiction avec la démarche la plus courante aujourd'hui : celle des observatoires régionaux (type ORE<sup>28</sup>) ou celle des zones ateliers (Cf. PIR EVS<sup>29</sup>) où un site d'étude est étudié en profondeur pendant plusieurs années par des équipes nombreuses. Cependant, cette dernière démarche a-spatiale ne nous permettrait pas d'atteindre l'essentiel de nos objectifs. Deuxièmement, l'échelle de ces observatoires n'aurait pas été pertinente pour notre étude. Il nous a en effet semblé nécessaire d'étudier les changements des paysages à l'échelle régionale pour nous concentrer sur ceux qui ont une grande emprise spatiale et qui sont donc susceptibles de modifier notablement l'économie des ressources naturelles sur le littoral ouest-africain.

Cette approche multiscalaire s'effectue en trois temps : mise en évidence des phénomènes remarquables à l'échelle macro-régionale, explication par des analyses à l'échelle locale, extrapolation de ces dernières à l'échelle micro-régionale.

- A l'échelle macro-régionale s'effectuent : la cartographie des types de paysages, l'analyse de la structure spatiale de la flore et la cinématique des paysages.
- A l'échelle locale seront étudiées les pratiques agro-sylvo-pastorales au sein du territoire du village ainsi que les dynamiques de la végétation.
- Ensuite, se pose le problème de l'analyse des liens entre les phénomènes locaux étudiés à l'échelle locale et les phénomènes généraux étudiés à l'échelle macro-régionale. Cette question, la dernière dans le raisonnement de cette thèse, nécessite une étape où l'on cherche à établir les règles d'une généralisation spatiale à l'échelle macro-régionale des phénomènes observés au village.

### Polysémie de la région

Le terme « *région* » peut être appliqué à plusieurs niveaux hiérarchiques de notre approche multiscalaire. L'Afrique de l'Ouest est très fréquemment appelée la « sous-région » ouest-africaine, suivant une division des continents en « sous-régions » par les Nations-Unies. A l'intérieur du littoral de la « sous-région » ouest-africaine, les géographes distinguent deux « régions » : le Sahel maritime et les Rivières-du-Sud. Au sein des Rivières-du-Sud, Bertrand (1999) distingue les régions septentrionales des Rivières-du-Sud. Ces régions sont au nombre de quatre : le Saloum, la Western-Division, la Basse-Casamance et le Nord bissau-guinéen. Le terme « *région* » est donc appliqué à des espaces de niveaux hiérarchiques très différents dont aucun ne coïncide avec celle de notre zone d'étude qui est soit incluse dans la région des Rivières-du-Sud soit composée de quatre régions les plus septentrionales de la région des Rivières-du-Sud...

Cependant la frange littorale allant du fleuve Saloum au fleuve Corrubal constitue un espace de grande superficie dont l'échelle d'étude et l'approche géographique correspondante est bien celle d'une géographie régionale, longtemps privilégiée dans la géographie rurale pour l'étude des liens entre sociétés et nature. On établira ici que l'échelle de notre zone d'étude, est l'échelle **macro-régionale**. Le Saloum, la Western-Division, La Basse-Casamance, et le Nord bissau-guinéen

<sup>28</sup> Observatoire Régionaux de l'Environnement

<sup>29</sup> Programme International de Recherche Environnement, Vie et Sociétés

constituent quatre régions. Une région, étudiée séparément, constitue à l'échelle micro-régionale (avec la distinction de sous-régions comme en Western-Division le Niumi, le Kombo et le Fogny). Les Examens de détail d'un petit massif forestier ou d'un finage villageois constituent donc l'échelle locale.

#### 2.2.1.4. Modalité d'établissement d'un bilan

Pour savoir quels changements méritent le terme de dégradation, trois points seront pris en compte dans notre méthode pour mettre en place une technique pertinente qui permette d'établir des bilans et de juger des aspects positifs et négatifs des changements.

##### *Référence au temps présent*

Le temps de référence utilisé est le temps présent. Ce temps de référence au présent n'offre pas de plus grande objectivité qu'un temps de référence passé. Ce choix repose tout d'abord sur le fait que le temps présent est forcément le mieux connu. Il est le seul sur lequel on peut effectuer soi-même du terrain. De par les progrès de la télédétection, il est celui où les images sont les plus nombreuses et les plus riches en résolution spatiale et spectrale... Il est celui où la quasi-totalité de l'information est la plus accessible.

Au lieu d'établir des cinématiques depuis un moment choisi dans le passé, on a choisi de d'établir des cinématiques qui ont mené à la situation actuelle, en ayant parfaitement conscience que le temps présent n'est qu'une étape de constantes évolutions. Cependant, le temps présent est une photographie à un instant T sans signification, qui s'annonce en tant que tel et non un temps de référence à qui on attribue des valeurs plus ou moins positives ou négatives.

Au regard de l'analyse critique de l'attribution de certaines valeurs positives au passé, pour mettre en évidence les changements on préférera donc poser la question : Quelles évolutions sont en cours pour expliquer l'état actuel ? Plutôt que : Quelles évolutions ont transformé l'état passé ? Pour attribuer à ces changements une valeur de sorte à discuter de la dégradation, au lieu de poser la question : **En quoi aujourd'hui est pire qu'hier ?**, on préférera poser **Les choses s'améliorent-elles ou empirent-elles ?**

##### *Appel à des critères discutés au préalable*

Le deuxième critère d'établissement d'un bilan le plus objectif possible passe par une définition de critères pour attribuer des valeurs aux types de paysages. Pour définir des critères, nous nous sommes appuyés sur la liste des services écologiques des écosystèmes<sup>30</sup>. En considérant que l'écosystème correspond à l'élément de paysage, il est dès lors possible d'estimer si un paysage ou une mosaïque de paysage (finage, sous-région) remplit plus ou moins bien un certain nombre de ces services écologiques.

Pour dresser un bilan au niveau des villages étudiés et jauger s'il y a, ou non, une dégradation des paysages, nous traiterons des conséquences de la transformation de l'agencement des paysages pour les dix services écologiques énoncés dans ce rapport (tableau 1) en s'appuyant sur les superficies occupées par les différents paysages, une estimation de la biodiversité à travers la biodiversité ligneuse et la continuité-fragmentation des habitats, le maintien possible des activités rurales de production, des activités culturelles liées aux paysages...

Si une majorité de ces services sont menacés par une évolution des paysages, alors il sera possible de parler de dégradation des paysages à l'échelle villageoise.

<sup>30</sup> le Millennium Assessment report ([www.millenniumassessment.org/](http://www.millenniumassessment.org/)) constitue une des listes de référence dans le domaine

<b>Nourriture,</b>	Le nouvel agencement des paysages permet-il de produire plus/autant/moins de nourriture ?	modes de cultures, surfaces cultivées
<b>Eau,</b>	Le nouvel agencement des paysages permet-il de gérer mieux/pareillement /moins bien les ressources en eau ?	modes de cultures, problèmes de nappe phréatique
<b>Bois et produits forestiers,</b>	Le nouvel agencement des paysages permet-il de produire plus/autant/moins de bois et produits forestiers ?	surfaces boisées, physionomiques forestières, essences exploitables
<b>Diversité génétique,</b>	Le nouvel agencement des paysages permet-il de maintenir une biodiversité supérieure/équivalente/inférieure ?	estimation de la biodiversité ligneuse, estimation de la fragmentation des habitats
<b>Régulation climatique,</b>	Le nouvel agencement des paysages permet-il de réguler mieux/autant/moins bien le climat ?	importance des surfaces boisées
<b>Protection contre les épidémies,</b>	Le nouvel agencement des paysages permet-il de protéger mieux/autant/moins bien des épidémies ?	Taux de boisement et méningite, Zones humides et paludisme
<b>Traitement des déchets,</b>	Le nouvel agencement des paysages permet-il de traiter mieux/autant/moins bien les déchets ?	Utilisation du fumier pour les cultures
<b>Diminution des risques naturels,</b>	Le nouvel agencement des paysages permet-il de diminuer mieux/autant/moins bien les risques naturels ?	La mangrove jouant un rôle de protection contre les tsunamis
<b>Services culturels,</b>	Le nouvel agencement des paysages permet-il de traiter mieux/autant/moins bien les déchets ?	Forêts sacrées, espèces magico-religieuses, maintien et transmission du savoir rural
<b>Régulation du cycle des nutriments.</b>	Le nouvel agencement des paysages permet-il de mieux/autant/moins bien régulier le cycle des nutriments ?	Régénération forestière et puits de carbone Assèchement des rizières et acidification

**Tableau 1 : Services écologiques (d'après le millennium assessment report)**

***Ne dresser de bilan qu'aux échelles moyennes et petites.***

Le troisième point consiste à ne dresser de bilan sur la dégradation, le maintien ou l'amélioration des paysages qu'à des échelles moyennes ou petites. En effet, l'importance de la dégradation d'un paysage est moins grande en soi qu'elle ne l'est si l'ensemble de l'agencement des paysages est concerné. La dégradation d'une parcelle forestière dans une large trame qui se maintient bien, ne joue pas le même rôle écologique que la dégradation de la dernière ressource forestière micro-régionale... Ainsi il sera ici nécessaire d'extrapoler le bilan de dégradation ponctuel aux échelles inférieures (3.2.2.2).

### Une approche avant tout géographique (2.2.1)

L'approche sera donc géographique en ce que les objets et processus seront cartographiés pour que la localisation, la surface, la forme dans l'espace et l'agencement de l'ensemble des objets et des phénomènes puissent être utilisés dans le raisonnement. L'approche par emboîtement d'échelles, fréquente en géographie, est ici composée d'une vue globale (échelle macro-régionale) décomposée pour son analyse en un certain nombre d'étude de sous régions (échelle micro-régionale), dont certains lieux de quelques unes seront examinés à très grande échelle (échelle locale). Ces dernières données devant être extrapolées à l'échelle macro-régionale pour retourner sur une vue d'ensemble, propre à établir un bilan global. Par ailleurs, l'établissement des bilans à l'échelle locale puis aux échelles plus petites sera mis en œuvre par une observation des changements en cours qui s'appuie sur le temps présent le plus possible et non par une comparaison des informations anciennes depuis un état de référence passé imprécis à la situation actuelle jugée par rapport à une époque passée moins bien connue.

## 2.2.2. Une approche interdisciplinaire

Qu'il s'agisse de la mobilisation commune de disciplines de la géographie (biogéographie, géographie rurale), et de ses outils (géomatique, télédétection, statistiques spatiales) ou du recours aux disciplines connexes de la géographie (écologie, botanique, ethnologie, économie rurale), la méthode employée pour cette thèse prend sa source dans l'interdisciplinarité. En effet, elle combine un regard centré sur les objets physiques (végétation, climat) notamment par le terrain (2.2.1), et un regard centré sur les sociétés tout particulièrement au niveau du village (2.2.2), cette interdisciplinarité étant mise en œuvre à travers la notion d'anthroposystème tel qu'il a été développé dans le cadre du programme PEVS <sup>31</sup> (2.2.3).

### 2.2.2.1. Une approche mêlant biogéographie et écologie végétale

Nous avons mis le paysage et la végétation au centre du schéma méthodologique. Le paysage, dans sa dimension physionomique ainsi que dans son contenu floristique, sera analysé à chaque étape de l'étude. La géographie des types de paysages et de la végétation, sera un des premiers objectifs de la thèse. La zone d'étude est caractérisée par des gradients et des mosaïques de facteurs écologiques et anthropiques de grande échelle qui se croisent et se recoupent, en se renforçant ou en s'atténuant, construisant la structure de la flore et celle des types de paysages. La connaissance de cet espace, et de la structure de la végétation sera donc revue, complétée et réactualisée en fonction des objectifs définis. D'une part la télédétection nous permettra une approche d'ensemble de la zone d'étude vue du ciel avec la possibilité de créer une information à l'échelle régionale. D'autre part, la complémentarité entre les données de télédétection et les informations recueillies sur le terrain permettra de mieux appréhender la complexité de l'objet végétal et d'apporter, aux échelles micro-régionale et macro-régionale, une réflexion nouvelle sur un certain nombre de points tels que la correspondance entre géographie de la flore et géographie des types de paysages ou les modalités de transition de la flore, notamment depuis le nord vers le sud.

Un deuxième objectif, lié à cette approche s'appuyant sur une description précise, est celui de dresser un état des paysages qui s'appuie sur une étude approfondie de la végétation elle-même. S'appuyer sur les caractéristiques physiques mesurables et descriptibles de la végétation sera un engagement nécessaire pour réviser, si besoin est, certains bilans présentés dans la littérature. Premièrement, l'organisation spatiale en terme d'occupation du sol par les différentes formations végétales sera analysée. La part respective des différentes formations végétales d'une région constituera un critère d'évaluation de l'état des paysages. La structure spatiale de chaque sous-région constituera le deuxième critère. La composition floristique, essentiellement appréhendée à travers le filtre de la végétation ligneuse, constituera le troisième critère d'évolution des paysages.

Le troisième objectif est celui d'intégrer l'objet naturel dans sa complexité liée à l'hétérogénéité spatiale, à son caractère pluriforme (flore, paysage) et à son caractère dynamique dans le cadre des

---

<sup>31</sup> cf. note 29



changements imposés par les agents extérieurs. Il s'agira de réfléchir sur les processus biologiques, inhérents à la végétation, qui constituent les dynamiques des paysages. La croissance des végétaux, leur dépérissement, la mortalité, l'ensemencement, la survie des jeunes plantes sont autant d'éléments de la cinématique de la végétation qui participent à l'évolution des paysages. L'ensemble de ces éléments varie en réponse à des facteurs physiques ou anthropiques responsables des changements. Il peut s'agir d'un facteur agissant en continu mais pouvant varier dans son intensité, comme une pression pastorale ou une variable climatique, ou d'un événement ponctuel provoquant une transformation puis une éventuelle résilience comme un feu, un défrichement. En d'autres termes, cette approche va se concentrer sur le paysage et la végétation pour permettre de répondre à la question « comment ? » avant de poser la question « pourquoi ? »

### 2.2.2.2. La compréhension des changements de paysage s'effectue à l'échelle villageoise

Cette étude se justifie principalement par la question du développement durable des zones rurales du littoral ouest-africain et par la question de la gestion plus ou moins durable des ressources agricoles et forestières. Deuxièmement, les actions anthropiques sur les paysages agricoles et forestiers sont l'un des deux pans de l'étude des facteurs de changements. Ainsi, une approche par enquêtes participatives pour la description des pratiques, semble une approche pertinente pour la compréhension des facteurs anthropiques de modification des paysages. Elle permet, d'une part, de dresser des portraits précis des activités quand ce n'a pas été fait. Si cela a été fait il y a un certain temps ou pour une société voisine ces enquêtes permettent de les remettre à jour ou d'en compléter les connaissances.

Or, les sciences sociales, concernant l'Afrique ont vu se succéder plusieurs paradigmes dont le principal et plus récent, est le paradigme africaniste. Pour D'Alessandro (2005), l'histoire de la géographie francophone de l'Afrique est née des récits de voyages et a pour « père fondateur » Schirmer (1893) qui a rédigé la première thèse de géographie sur l'Afrique Noire. Contrairement à la géographie coloniale à laquelle appartient Schirmer (1893) qui ne se base que sur les récits de voyage et la bibliographie, la géographie africaniste s'appuie sur des études sur le terrain. Elle s'est ainsi développée entre la colonisation et les indépendances. Elle se concentre sur trois espaces : le village vu comme le lieu d'une tradition et d'une société en crise, gravement touchée par la colonisation, les espaces créés par le colonisateur : plantations, exploitations forestières, espace de traite et la ville dans son rapport avec la brousse et comme lieu de l'interface blancs – noirs. D'Alessandro (2005) estime que la géographie africaniste de brousse se termine à la fin des années 1970, date à partir de laquelle les géographes se dirigent vers l'étude des villes africaines. Cependant, quelques études de géographie rurales ont eu lieu depuis et en leur sein s'est maintenu depuis cette époque une certaine unité, ce qui permet de parler encore aujourd'hui d'une géographie africaniste et d'adopter une définition plus large que celle de D'Alessandro.

En effet, l'approche africaniste, au sens d'une approche centrée sur le village et l'évolution du terroir, ne s'est pas brutalement interrompue à la fin des années 1970 (Suremain, 2001). Ainsi, les études portant tant sur les villages arachidières que ceux des mangroves peuvent être considérés comme appartenant à la géographie africaniste.

La démarche africaniste est fortement influencée par une perception du milieu comme un facteur contraignant le développement et elle arrive généralement à la conclusion que la société étudiée a su tirer partie des potentialités du milieu. Concernant les Rivières-du-Sud, les travaux de Cormier-Salem (1994, 1999), dans la lignée de ceux de Péliissier (1961, 1966, 1989), correspondent assez bien au paradigme africaniste. En effet, ils mettent en évidence que, face à un milieu qui apparaît fortement contraignant : celui des vasières salées, une société organisée autour de la maîtrise de ce milieu et de la mise en place d'une agriculture aménagée et productive. Cette démarche est empreinte d'un optimisme plus ou moins grand tel Lericollais (1989) dressant un bilan assez noir des « terroirs de l'arachide », contrairement à Sidibé (2005) qui voit dans la culture arachidière une adaptation satisfaisante aux conditions de milieu.

### *Comment cette thèse se situe-t-elle par rapport au paradigme africaniste ?*

Lors d'une démarche de terrain et d'une étude sur les peuplements de palétuviers pour le mémoire réalisé au cours de mon année de DEA, des types d'exploitation de la mangrove, ont été mis en évidence, qui pour être compris dans leur dimension spatiale, ont dû être replacés dans le cadre des activités anthropiques. C'est ainsi que, ignorant tout des paradigmes d'études rurales africaines, une procédure d'enquêtes sur les modes de gestion des ressources ligneuses dans les villages du Saloum (Andrieu, 2004) a été improvisée. La mise en évidence de zones concentriques autour des villages où diffèrent les usages de la forêt de mangrove a confirmé l'intérêt pour cette étude de l'emploi d'une technique d'enquête centrée sur le village, qui s'est révélée, *a posteriori*, conforme à l'approche africaniste.

C'est cependant une conformité tout relative car ici ce n'est pas une étude villageoise unique qui est menée pour la compréhension d'un ou plusieurs traits typiques aux sociétés africaines mais plusieurs enquêtes (où les villages sont considérés dans leur propre contexte économique et politique, historique et actuel) qui s'articulent entre elles à des fins comparatistes sur le plan spatial.

Une limite apparaît liée à une étude des phénomènes sociaux lorsqu'elle est conscrée à l'objet village, dont le cadre est pris en compte sans être ré-analysé et où les différents acteurs sont englobés dans un tout. Cette approche du village comme entité homogène ne permet pas d'étudier les conflits d'usage au sein de celui-ci ni de dissocier les actions propres à ces différents acteurs. En effet, si les actions des différents acteurs sur les paysages se cumulent ou se compensent, une prise en compte de l'action générale du village ne permettra que partiellement de comprendre l'action des sociétés sur les paysages. Enfin, la prise en compte de l'objet village s'appuie sur la supposition que – globalement – une correspondance existe entre un village et un territoire. Or, d'une part dans un grand nombre de cas, cette relation est complexe ; par exemple, les terres d'un paysan peuvent se retrouver au milieu des terres des paysans d'un autre village et un certain nombre d'espaces peuvent être exploités par différents villages. D'autre part, la prise en compte des actions des étrangers à la zone concernée, qu'il s'agisse du village voisin ou d'individus venus d'autres régions est faible. On souligne également que les actions isolées d'un acteur au sein du territoire villageois sont mal insérées dans le schéma systémique choisi ici.

### 2.2.2.3. Le concept d'anthroposystème pour la re-construction théorique du système homme-nature

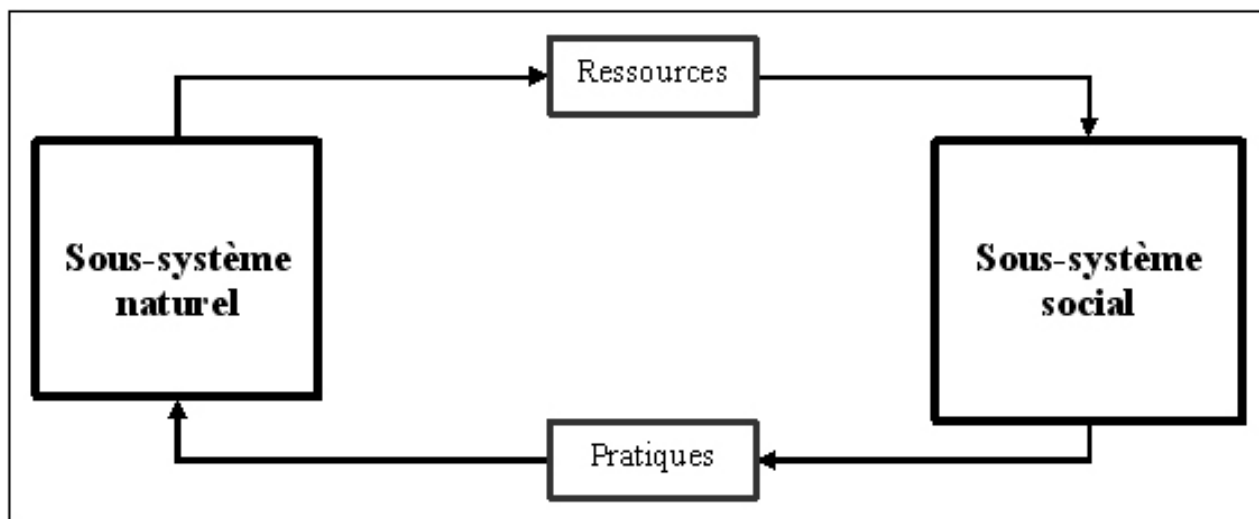
A la recherche d'un cadre conceptuel pour l'analyse des systèmes, on a cherché à adapter à nos travaux l'approche conceptuelle préconisée par Lévêque *et al.* (2008) : l'anthroposystème. Le concept proposé par ces auteurs « est défini en tant que *système complexe, hybride* (Latour, 1999) et *interactif* entre deux ensembles *organisés* constitués par un (ou des) *sociosystème(s)* et un (ou des) *écosystème(s)*, plus ou moins artificialisé(s) ». La reconstitution d'un anthroposystème permet d'étudier les variations des divers éléments qui le composent. Ce concept élaboré dans le cadre du PIR EVS<sup>32</sup> est né du besoin de créer une approche systémique adaptée à la pluridisciplinarité. Il a été substitué à d'autres tentatives : le géosystème ou l'écomplexe. L'anthroposystème est en effet un concept pluridisciplinaire jugé, en ce sens, plus satisfaisant que le géosystème (Bertrand, 1978) trop géographique, ou l'écomplexe (Blandin et Lamotte, 1984) trop écologique, ou même le paysage, trop équivoque quand il est ainsi défini.

L'anthroposystème étudié ici est défini à l'échelle du village. Il est composé de plusieurs sous-systèmes : la société villageoise et chacun des écosystèmes. La particularité de l'anthroposystème est que les interactions entre le système social et le (ou les) système(s) naturel(s) sont plus fréquentes et plus importantes pour le maintien du système que ne le sont les interactions avec les systèmes voisins ou avec ceux de niveaux hiérarchiques supérieurs. En d'autres termes, les liens qui unissent le milieu (les ressources) et la société (leur gestion), sont plus forts que les liens qui unissent la société aux autres sociétés voisines, ou au cadre régional dans lequel elles s'inscrivent, ce qui ne veut pas dire que ces liens soient inexistants.

---

<sup>32</sup> cf. note 29

Concrètement, en ce qui concerne les interactions entre écosystèmes et sociétés dans cette approche systémique, les ressources naturelles seront considérées comme des « entrées » du sous-système social et les pratiques en sont considérées comme les « sorties ». Les pratiques des sociétés se trouveront en « entrée » du sous-système naturel. Les paysages en constituent la « sortie » (figure 14). Le maintien d'un anthroposystème dépend des « entrées » du système. Les modifications des entrées « naturelles » sont, par exemple de transformations du milieu (changement climatique ou hydrologique, espèce invasive...). Les modifications des entrées « sociales », sont des influences d'un système d'ordre hiérarchique supérieur ou d'un système différent (modification des marchés, apparition d'une nouvelle technique, d'une nouvelle réglementation...).



**Figure 14 : Schéma d'un anthroposystème**

Si une perturbation importante apparaît, le système peut être entièrement transformé. On parle alors de « décrochement ». Dès lors, une partie ou la totalité des interactions entre la société et l'écosystème évoluent et cela mène fréquemment à la transformation des deux sous-systèmes, tout particulièrement de leurs « sorties » respectives : les pratiques et les paysages.

La limite méthodologique au schéma systémique des anthroposystèmes utilisés pour la compréhension des facteurs de changement et leurs relations est la suivante : ce schéma systémique est une simplification tant du système villageois que du système naturel au sein d'un système qui les englobe et insiste sur les interactions et rétroactions entre eux. Il en résulte en outre une faible prise en compte des facteurs annexes telles les influences extérieures aux sous-systèmes. Il s'agira donc à veiller à bien pondérer les évolutions internes de l'anthroposystème et les influences externes.

### Une approche interdisciplinaire (2.2.2)

L'approche géographique est souvent teintée d'interdisciplinarité lorsqu'elle se situe entre la géographie physique et la géographie humaine. De plus des disciplines connexes peuvent être mobilisées, soit pour les résultats qu'elles ont pu apporter, soit pour certaines méthodes qui peuvent leur être empruntées. Ici les disciplines connexes tant du côté des sciences biophysiques (pédologie, écologie végétale) que du côté des sciences sociales (ethnobiologie), sont intégrées, à des degrés divers, dans une démarche qui tend donc vers l'interdisciplinarité tout en restant avant tout géographique. Cependant, la démarche interdisciplinaire qui par ailleurs tend vers l'interdisciplinarité plus qu'elle n'y correspond, quand elle est effectuée par une personne unique (ce qui est inhérent au travail de thèse) risque tout de même de laisser quelques imprécisions dans certains domaines qui ne sont que ponctuellement abordés.

### 2.2.3. La méthode, ses étapes

La méthode employée pour décrire la dynamique des paysages en vue de débattre de leur dégradation, outre les considérations générales développées ci-dessus, peut se résumer sous la forme de la séquence d'analyses et d'études effectuées pour arriver à l'analyse de la dynamique des paysages et de la végétation. Cette séquence sera présentée (2.2.3.1) et discutée dans ses intérêts (2.2.3.2) et ses limites (2.2.3.3).

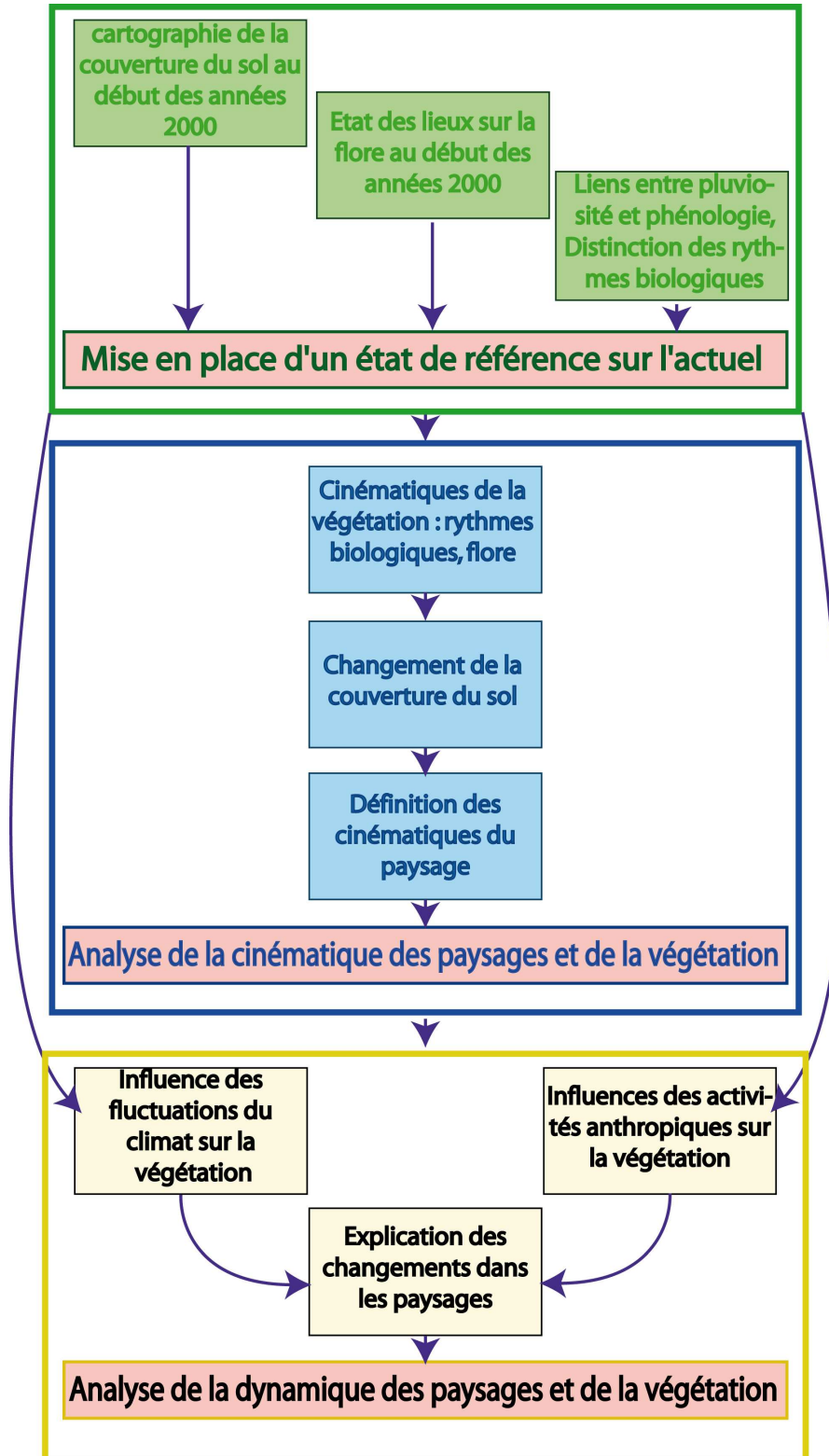


Figure 15 : Organigramme de la méthode

### 2.2.3.1. Organigramme

La thèse s'appuie sur une suite d'analyses en trois étapes (figure 15). La première étape est la constitution d'un portrait sur l'état actuel des paysages permettant de constituer un moment de référence pour les raisonnements sur les changements qui ne soit pas celui du début du 20<sup>ème</sup> siècle, mais le temps présent. La deuxième étape est l'analyse diachronique de la végétation ; on cherchera à y déceler les changements de l'occupation du sol et à les décrire le plus précisément possible, les temps passés sur lesquels on s'appuie sont variables, faute de données satellitales, botaniques, paysagères sociales, homogènes, fréquentes et fiables chacune de ces bases de données ancienne sera justifiée et intégrée dans son contexte propre pour ne la comparer au temps présent que dans la mesure où elle peut l'être. La troisième étape vise l'explication de ces changements.

### 2.2.3.2. Établir un état actuel des paysages à l'échelle macro-régionale

Cette première étape est constituée de trois niveaux de description des types de paysages. Premièrement sera étudiée la géographie de la flore, deuxièmement sera présentée l'occupation du sol par les formations végétales aux échelles macro-régionale et micro-régionale, troisièmement sera étudiée l'activité chlorophyllienne, sa répartition dans l'année en réponse au rythme de la saison des pluies et ce dans les différentes régions et formations végétales étudiées.

#### *De l'occupation du sol à la structure des paysages*

L'état des paysages et de la végétation sera premièrement abordé par le biais de la couverture du sol. Des types de végétation ou de paysages tels qu'ils peuvent être détectés par analyse d'images satellites seront cartographiés pour présenter la répartition des boisements et l'occupation du sol. Cette carte de l'occupation du sol est le produit d'une analyse d'images de télédétection, complétée par une analyse de terrain. Elle est le résultat de deux étapes d'analyses s'appuyant sur des techniques détaillées dans le chapitre 3.

#### *La structure de la flore*

Connaître les principales espèces, leur géographie au sein de la région, leurs affinités écologiques est une nécessité pour la compréhension de la dynamique des paysages. Entre autres, il s'agit de savoir si la géographie de la flore concorde mieux avec le gradient climatique ou avec la structure macro-régionale des paysages.

Par ailleurs, en ce qui concerne les cinématiques propres à la flore (ayant ou non des conséquences sur les paysages), il est souvent fait référence à la translation des espèces vers le sud, considérée comme l'une des formes de dégradation du couvert végétal (Ndiaye, 1990 ; Michel, 1990). Cependant, l'étude de cette question nécessite une base de données floristiques avec des relevés à différentes dates comparables entre eux. Elle nécessite également une confirmation que les modèles qui président aux descriptions biogéographiques, et bien à l'amont de celles-ci à la caractérisation des espèces en fonction des grandes zones climatiques, plus ou moins subdivisées, sont bien adaptés à la complexité de la géographie floristique. Premièrement, il est donc nécessaire de conduire une réflexion sur la caractérisation des espèces en fonction de ces grands ensembles climatiques, c'est-à-dire, sur le lien entre le climat et la végétation dans l'espace à l'échelle régionale. Pour cela, il s'agit d'étudier la structure spatiale de la végétation et de la confronter aux modèles proposés par les auteurs ayant dressé des portraits phytogéographiques de la région. Deuxièmement il est nécessaire d'étudier le lien que la flore entretient avec les différents facteurs écologiques pouvant la conditionner. Les liens de la flore avec les paysages seront tout particulièrement étudiés : en effet, il s'agit de savoir si, à un type de paysage correspond une composition floristique pour savoir si l'on peut relier leurs changements.



### ***Rythmes de l'activité chlorophyllienne***

L'état des paysages et de la végétation sera complété par une étude de l'activité chlorophyllienne. Son cycle annuel, en réaction à la saison des pluies sera premièrement examiné. Ensuite, on cherchera à déceler les rythmes d'activité chlorophyllienne qui permettent de distinguer des végétations. On utilisera pour cela le NDVI, l'Indice normalisé de Végétation, qui est un descripteur assez précis de l'intensité à un moment donné de l'activité chlorophyllienne.

### **2.2.3.3. Analyse de la cinématique des paysages à l'échelle macro-régionale**

Le deuxième ensemble d'analyses s'effectue à travers une chaîne de traitements plus linéaire. L'objectif est de dresser un portrait de l'évolution des paysages agricoles et forestiers. Il s'effectue en trois étapes qui constituent trois niveaux de connaissance du phénomène. L'échelle d'observation variera proportionnellement au niveau de précision requis dans la connaissance du changement : plus une information devra être précise, plus elle sera acquise à une grande échelle.

### ***Fluctuations du climat et cinématique de la végétation***

Pour étudier l'impact des fluctuations de la pluviosité sur la végétation, on s'appuiera sur l'hypothèse suivante : la réaction à une fluctuation minime ou temporaire de la pluviosité est un ensemble de modifications physiologiques minimes repérables *via* l'activité chlorophyllienne, la réaction à une fluctuation moyenne ou de durée moyenne est une modification de la distribution de certaines espèces qui peuvent ou ne peuvent plus se développer sous telle ou telle latitude, la réaction à une fluctuation importante ou de longue durée est une évolution paysagère par d'importantes modifications de la végétation. On utilisera le NDVI, pour tester cette hypothèse et voir quel type de changements ont provoqué les fluctuations de la pluviosité. Si des changements phénologiques sont repérés, on testera l'hypothèse d'une possible évolution de la distribution de la flore. Pour cela les données floristiques anciennes et l'examen des coupes rétrospectives de la végétation seront examinés.

### ***Cartographie des changements dans la couverture du sol***

La cartographie des changements dans l'occupation du sol est l'un des principaux résultats de cette thèse. Basée sur l'analyse d'images satellites LANDSAT, elle s'appuie sur la détection des types d'occupation du sol présentés en première partie pour l'état des paysages au début des années 2000 pour les comparer à ceux rencontrés à partir de l'exploitation d'une série d'images satellite à la fin des années 1980 et à la fin des années 1970.

### ***Vérité terrain : dresser la liste des types de changement***

Les résultats de la carte des changements font ensuite l'objet d'une analyse sur le terrain. Les changements entre 1979 et le début des années 2000 sont synthétisés en tant que progression, régression ou stabilité pour les deux grands types de boisements : les mangroves et les boisements de terre ferme. Pour chaque cinématique (exemple : régression de la mangrove ou stabilité des boisements de terre ferme), dix sites de relevés de végétation ont été réalisés, permettant de valider l'analyse et, le cas échéant, de dresser une liste de cinématiques des paysages.

#### 2.2.3.4. Analyse de la dynamique des paysages à l'échelle locale

Ensuite pour chaque village étudié, les trois séries d'analyses décrites ci-dessous sont développées.

##### *Les paysages du territoire villageois*

Le troisième volet de cet état des paysages végétaux est l'étude, à une échelle encore supérieure, des paysages. Pour cela, nous resterons tout d'abord dans une optique de vue verticale, cette fois à une échelle kilométrique, l'échelle des paysages (Godron et Joly, 2008). Sur une image à très haute résolution, un certain nombre d'éléments seront distingués : différentes formations végétales, différents types de champs, les éléments constructifs du paysage comme les digues... Ce travail permet de distinguer au sein de territoires villageois un certain nombre de paysages qui seront ensuite décrits par le biais de coupes et de photographies prises *in situ*.

##### *Actions anthropiques et dynamiques des paysages et de la végétation*

L'action anthropique sur le milieu doit ensuite être examinée pour compléter l'action de climat (étudiée à l'échelle macro-régionale) pour construire une compréhension la plus complète possible des changements pour pouvoir effectuer une réflexion critique sur le paradigme de la dégradation des paysages et de la végétation sur le littoral ouest-africain, dans l'hypothèse, comme cela a été démontré dans le delta du Saloum, d'une faible part des activités anthropique et d'une forte contribution du facteur climatique dans l'explication des changements (Andrieu, 2004). Une série d'enquêtes dans les villages du littoral a été effectuée pour aider à dresser ce bilan.

##### *Analyse rétrospective des paysages*

L'ensemble des cinématiques des paysages composant les territoires villageois étudiés est ensuite analysé. Une analyse linéaire de végétation est effectuée sur un site où un changement a été détecté. Les végétaux y sont examinés afin de déterminer leur âge et les changements subis récemment. La végétation est ensuite représentée graphiquement sous forme de coupe de végétation. Les représentations graphiques de la végétation sont modifiées en y appliquant les changements observés par télédétection (extension ou réduction des superficies boisées) et les changements détectés par l'observation de la végétation sur le terrain (croissance, dépérissement, coupe, ensemencement de jeunes individus).

Ces trois analyses s'articuleront ensuite dans des schémas théoriques qui constituent la dernière étape permettant de comprendre la dynamique des paysages et de la végétation. En effet, l'interaction des paysages avec les sociétés doit être au centre de l'attribution des valeurs positives ou négatives attribuées aux paysages passés ou présents et permettant donc de statuer sur une dégradation. Ainsi, une fois étudiées les relations entre les sociétés et les paysages, il sera possible de répondre à la question de leurs évolutions vers une situation meilleure ou moins favorable et de confirmer ou d'infirmer la dégradation des paysages des cinq villages étudiés.

Enfin, il s'agira d'extrapoler ces résultats pour répondre à cette même question à l'échelle des régions septentrionales des Rivières-du-Sud.

### La méthode, ses étapes (2.2.3)

Ainsi, la méthode se compose d'une chaîne de traitement croisant le plus possible le terrain et la télédétection. Les étapes clés en sont :

- la cartographie de l'occupation du sol au début des années 2000
- la mise en relation avec la géographie de la flore et avec les rythmes biologiques pour étudier les concordances et les discordances entre ces trois dimensions de la végétation.
- la cartographie des changements de l'occupation du sol et leurs descriptions par le terrain,
- l'analyse des fluctuations du NDVI pour examiner le lien entre les fluctuations du climat et les changements des paysages,
- l'analyse de finages villageois, de la mosaïque des paysages, de son évolution, des pratiques et de leurs impacts sur le milieu,
- l'intégration du facteur climatique, des processus de changements intrinsèques aux paysages et des évolutions socio-économiques des villages pour dresser des dynamiques des paysages, lesquelles pourront être extrapolées à l'ensemble de la région.

Cette méthode est assez lourde et nécessite des bases de données importantes ainsi que de lourds traitements. Elle nécessite une égale prise en compte des processus biophysiques et des processus sociaux, et de nombreux changements d'échelles. Cependant, si l'articulation de ces différentes techniques est réussie et si l'expression de la combinaison des résultats de chaque analyse reste claire, la méthode devrait déboucher sur une mise en évidence précise et nuancée de la dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud.

### Méthode pour une analyse de la dynamique des paysages végétaux (2.2)

Le premier intérêt du schéma méthodologique choisi est une approche la plus complémentaire possible avec les connaissances déjà établies, ce qui a permis de fixer un certain nombre d'objectifs :

- L'analyse de la dégradation sera remplacée par une étude des changements pour permettre une certaine objectivité. Il s'agira dans un premier temps de définir pour le temps présent un certain nombre de critères d'évaluation du niveau de dégradation des paysages et de la végétation, et, dans un deuxième temps, de replacer ces caractéristiques dans le cadre de ces trente dernières années et de voir si (et si oui, en quoi) cet état présente une dégradation par rapport aux états précédents.
- La spatialisation et la quantification de l'ensemble des phénomènes étudiés devraient permettre d'asseoir sur des bases solides certains points de la discussion sur la dégradation qui, jusqu'ici, sont restés encore imprécis.
- La prise en compte des deux dimensions, à la fois floristique et paysagère conjointement mais en tenant compte des éventuelles discordances entre elles, constitueront un deuxième apport aux discussions sur la dégradation des paysages. Au sein de l'analyse de la végétation, la prise en compte de la cinématique de la végétation comme constituant un moteur de la dynamique des paysages végétaux, permettra également de faire progresser les connaissances sur la dynamique des paysages sur le littoral de l'Afrique de l'Ouest.
- La constitution d'un schéma systémique en anthroposystème avec un système social et un système naturel en forte interaction permettra d'étudier à un même niveau les relations homme nature, les transformations naturelles du milieu, les évolutions des pratiques, l'action

de l'homme sur les paysages dans leurs formes constantes et leurs évolutions, l'influence du milieu sur les pratiques dans ses formes constantes et dans la modification de l'effet des pratiques sur les paysages en raison de la transformation du milieu...

Deuxièmement, la diversité des sources d'information et leur grande complémentarité constituent l'une des particularités de ce travail :

- Une grande base de données d'imagerie satellite permet une grande connaissance spatiale et temporelle de l'occupation du sol et même de la végétation.
- Les données floristiques et paysagères obtenues par relevés de végétation permettent de réexaminer la phytogéographie pour décrire précisément les paysages.
- Les enquêtes au village visent la connaissance des pratiques agro-sylvo-pastorales de plusieurs villages répartis le long du littoral étudié, de leurs évolutions récentes et de leurs liaisons avec les transformations des paysages au sein du territoire villageois.

### **Conception des changements et méthode pour son étude (2)**

La mise en évidence par l'examen des techniques et méthodes issues des travaux déjà publiés a permis de construire une méthode originale, qui combine l'ensemble des techniques qui ont été relevées dans la bibliographie et les éléments lacunaires que l'analyse bibliographique a pu mettre à jour. Cette méthode, composée d'un grand nombre d'analyses, appartenant à des disciplines très variées mérite une description détaillée. Les deux chapitres suivants permettront de présenter les techniques de télédétection ainsi que les techniques de collecte et de traitement des données de terrain qui ont été mises en œuvre pour cette thèse.

### 3. Agencement et cinématique des paysages par télédétection

La cartographie de l'agencement et de la cinématique des paysages apparaît comme l'une des étapes nécessaires pour répondre aux objectifs de cette thèse qui est d'établir un bilan objectif des changements, de leurs causes et de leurs conséquences. En effet la cartographie des changements, constitue la principale information spatiale et quantitative sur les changements. De plus, une assez grande partie des analyses sur les causes des changements s'appuie sur cette cartographie. Deux séries d'analyses de données de télédétection ont été utilisées ici. La première est une analyse d'images LANDSAT permettant la distinction des différentes couvertures du sol, ce à plusieurs dates (3.1). Ces résultats subiront des analyses de morphologie et d'analyse spatiale (3.2). Cette étude sera complétée par l'analyse de la variation spatio-temporelle de l'Indice Normalisé de Végétation (N.D.V.I.), à deux échelles de temps, afin d'étudier les rythmes biologiques de la végétation (3.2).

#### 3.1. Analyse d'images multispectrales à haute résolution pour la détection des espaces boisés des vasières et de la terre ferme

Après avoir, au regard de l'état de l'art sur le sujet, justifié l'analyse d'images multispectrales à haute résolution dans le contexte de la thèse (3.1.1), la procédure aboutissant à la typologie des formations végétales utilisée pour analyser les images satellites sera présentée (3.1.2). Le dernier paragraphe décrit la chaîne de traitement d'images qui a été mise au point pour atteindre les objectifs poursuivis (3.1.3).

##### 3.1.1. Objectifs et discussion de la technique de traitement d'images

Les objectifs de cette analyse feront l'objet d'une présentation (3.1.1.1), qui sera confrontée à l'état de l'art sur la cartographie par télédétection de l'occupation du sol par la végétation pour justifier la méthode choisie (3.1.1.2). Ensuite nous présenterons une étape de vérification et d'autocorrection qui a été mise en place pour rendre plus robuste la cartographie (3.1.1.3). Le choix du matériel sera enfin discuté (3.1.1.3).

##### 3.1.1.1. Objectifs et contraintes

*Les analyses d'images LANDSAT combinent deux objectifs :*

Tout d'abord, nous chercherons à établir une carte de l'occupation du sol en terme binaire, boisé ou non boisé, qu'il s'agisse de la terre ferme ou des vasières. Avoir une connaissance précise de la géographie des espaces boisés des deux milieux sera un premier pas vers la connaissance de l'état actuel des paysages sur le littoral ouest africain. Cette carte constitue, une première étape commune aux deux objectifs visés par ces analyses d'images.

Il s'agira dans un premier temps d'y distinguer des formations végétales selon une typologie plus détaillée. Ainsi, au moins deux classes d'occupation du sol non boisées de terre ferme et de vasières non



boisées et au moins trois classes d'occupation du sol par les boisements, tant pour la terre ferme que pour la mangrove. Outre qu'elle produit une connaissance réactualisée de la couverture du sol, cette démarche permettra d'identifier différents types de formations végétales, ce qui constitue un des éléments de la base de données sur l'état actuel de l'occupation du sol qui nous servira de base de référence.

Dans un deuxième temps, des cartes de l'occupation du sol pour la distinction des espaces boisés et non boisés seront produites à partir des images satellites plus anciennes. L'objectif d'une cartographie réalisée à partir de l'analyse des images satellites à différentes dates est de répondre aux questions suivantes : Quelle est actuellement l'importance de la déforestation sur le littoral ouest-africain ? Quelle est sa répartition spatiale à l'échelle régionale ? Peut-on constater des évolutions différentes pour la période des années 1980 et celle des années 1990 ? Quant au pas de temps de cette analyse temporelle, le but est de retracer les « grandes lignes » des différentes cinématiques ayant lieu à l'heure actuelle où ayant eu lieu ces dernières décennies. Il est possible de couvrir totalement la zone d'étude à un certain nombre de dates, dont les plus anciennes correspondent aux premières prises de vues du satellite LANDSAT MSS dans les années 1970.

### *Ces objectifs doivent respecter une contrainte*

La télédétection mesure la luminance des surfaces dans différentes longueurs d'onde. Or, une réalisation de cartes thématiques à partir de nomenclatures prédéfinies a été choisie. Imposer en amont une nomenclature prédéfinie, sur des critères biogéographiques, nous a permis de contrôler le résultat en aval. Cependant, il s'agit ici de produire des classes radiométriquement homogènes correspondant à des types d'occupation du sol par la végétation incluant la hauteur, la densité du peuplement, la couleur, taille forme des feuilles qui la composent, l'état de la végétation au moment de la prise de vue. Ces cartes sont donc des simplifications de la complexité de la végétation par discrétisation des formations végétales. Il sera systématiquement recherché une utilisation optimale des données fournies par le satellite pour cartographier l'occupation du sol selon des critères qui permettront de retrouver ces types d'occupation du sol par la végétation. Il s'agit donc, à partir de l'ensemble des pixels et de leurs valeurs de luminance dans chaque bande spectrale, d'établir des classes de pixels montrant une cohérence et une certaine homogénéité en termes de couverture du sol. Une chaîne de traitements des images a été mise en place pour atteindre les objectifs recherchés.

### 3.1.1.2. Etat de l'art méthodologique sur la cartographie des changements de l'occupation du sol

Selon un certain nombre d'articles de synthèse, (Rindfuss *et al.*, 2004 ; Lu *et al.*, 2004 ; Coppin *et al.*, 2004), certaines techniques de cartographie des changements s'appuient sur des comparaisons d'un (Muchoney and Haack, 1994) ou plusieurs indices, (Le Hegarat-Masclé *et al.*, 2006 ; Hubert-Moy, 2004), voire la comparaison des canaux multispectraux corrigés (Teng *et al.*, 2007). Elles s'opposent aux techniques s'appuyant sur la construction de cartes d'occupation du sol aux différentes dates (Silviero et Jacquet, 2005 ; Rabarimanana *et al.*, 2003 ; Chowdhury, 2006 ; Siddiqui *et al.*, 2005 ; Fraser *et al.*, 2005 ; Pahari et Murai, 1999 ; Ochoa-Gaona et Gonzales-Espinoza, 2000 ; Masoud et Koike, 2005 ; Nagendra *et al.* 2006). Leur point fort est de s'affranchir des conditions de prise de vue. Leur point faible est la nécessité d'une classification qui impose une correspondance totale entre les classes obtenues à chaque date (Hubert-Moy, 2004) car « la précision d'une carte de changement obtenue à partir de deux classifications séparées correspond, au mieux, au produit des erreurs de chacune des classification ».

Dans notre cas de figure, deux arguments ont conduit au choix des techniques dites post-classification, soit celles qui s'appuient sur la comparaison de cartes. Premièrement, les cartes aux différentes dates sont plus qu'une étape de la détection des changements. Ces cartes permettent une comparaison de la structure des paysages aux différentes dates par des analyses morphométriques et des analyses d'écologie du paysage. Deuxièmement, un changement de la luminance d'un état de surface n'est pas un changement de son paysage. Dans ce sens, la technique choisie réduit la cartographie des

changements aux changements les plus flagrants : le passage d'un état boisé à un état non boisé. Ce choix, peut être perçu comme le choix d'une prudence doublement justifiée. Premièrement, les différences de saison et de résolution spectrale des images disponibles ne permettaient pas une détection robuste de changements plus subtils d'un point de vue radiométrique. Deuxièmement, dans les climats tropicaux sub-arides, caractérisés comme notre zone d'étude par une forte variabilité interannuelle de la pluviosité, et des transformations irrégulières (passages de feux, plus ou moins destructeurs d'une année à l'autre) la végétation connaît un certain nombre de fluctuations dont la cartographie n'est pas ici visée. Ainsi une comparaison de canaux, d'indices ou de groupes d'indices aurait mis en évidence un très grand nombre de changements au sein des quels il aurait fallu distinguer ceux recherchés. Nous avons donc choisi de produire des cartes de l'occupation du sol à différentes dates et de cartographier les changements par croisement de celles-ci.

Au sein des techniques de cartographie des changements, on retrouve un certain nombre de méthodes. Nous avons décidé de ne pas adopter de technique consistant à délimiter chaque type d'occupation du sol par photo-interprétation (Silviero et jacquet, 2005 ; Rabarimanana *et al.*, 2003), ou croisant cartes topographiques et images satellites (Vasconcelos *et al.*, 2002). Ces méthodes sont écartées pour se concentrer sur les méthodes dites « post-classifications » qui, après avoir produit des cartes d'occupation des sols à différentes dates, produisent des cartes de changement par croisement des cartes précédemment obtenues (Chowdhury, 2006 ; Siddiqui *et al.*, 2005 ; Fraser *et al.*, 2005 ; Pahari et Murai, 1999 ; Ochoa-Gaona et Gonzales-Espinoza, 2000 ; Masoud et Koike, 2005 ; Nagendra *et al.* 2006).

Deux grands ensembles d'analyses d'images satellites permettent d'obtenir à une carte de la couverture du sol. Il s'agit des classifications dirigées et non dirigées. Les classifications dirigées s'appuient sur des zones bien renseignées, très généralement définies sur le terrain, à partir desquelles on classe l'ensemble de l'image par comparaison de tous les pixels de l'image à ceux des zones témoins dont ils se rapprochent le plus sur le plan radiométrique (Chowdhury, 2006 ; Siddiqui *et al.*, 2005 ; Fraser *et al.*, 2005 ; Moreau, 2005 ; Latifovic *et al.*, 2004 ; Pahari et Murai, 1999). Les classifications non dirigées, elles, s'appuient exclusivement sur les informations contenues dans les images, sans recours à des zones témoins (Ochoa-Gaona et Gonzales-Espinoza, 2000 ; Masoud et Koike, 2005 ; Nagendra *et al.* 2006). Ne disposant pas ici d'une base de données de terrain suffisante pour nous appuyer sur une classification dirigée, et recherchant par ailleurs une procédure facilement généralisable à d'autres régions similaires ou à d'autres périodes d'étude, une procédure non dirigée sera choisie. La cartographie de l'occupation du sol s'effectue donc par étapes successives au cours desquelles, après avoir réalisé une classification automatique des pixels et une analyse multi-spectrale des classes obtenues, on identifie les classes. Dans notre cas ayant choisi d'appliquer une typologie prédéfinie, il s'agit de le faire en fonction des thèmes de la nomenclature choisie en amont. Par ailleurs, la base de données constituée par les relevés de terrain permettra de contrôler l'interprétation de la classification. En effet, la seule marge de variabilité de la technique d'une image à l'autre, qui rend, par ailleurs, cette technique "seulement" généralisable et non automatisable est l'interprétation des courbes radiométriques. Pour contrôler *a posteriori* les interprétations des courbes, la carte de l'occupation du sol est confrontée aux relevés de terrain.

Au sein des méthodes de classification dirigées, une première technique consiste à effectuer une classification non dirigée pour laquelle on classe les pixels de l'image en autant de classes que l'on a défini *a priori* d'états de surface (Chowdhury, 2006 ; Siddiqui *et al.*, 2005 ; Fraser *et al.*, 2005 ; Pahari et Murai, 1999). Cette méthode semble inappropriée lorsqu'on l'applique à des secteurs dont les limites sont peu marquées d'un point de vue radiométrique, comme c'est le cas par exemple de la limite entre jachères et savanes ouvertes ou entre mangroves dégradées et tannes humides (Mougenot, 1991). Elle s'oppose à une technique qui consiste à classer les pixels de l'image en un assez grand nombre de classes et à les regrouper de sorte à obtenir la typologie désirée (Moreau, 2005 ; Latifovic *et al.*, 2004). Nous avons choisi la détection par une classification avec un grand nombre de classes qui seraient regroupées *a posteriori* en un petit nombre de classes d'occupation du sol, correspondant à la typologie prédéfinie (3.1.2). En effet, la variabilité des valeurs de luminance au sein des surfaces en eau (profondeur et turbidité) et au sein des

vasières (inondées ou sèches) est très importante et parfois supérieure à la différence entre des espace boisé et non boisés de terre ferme ou la différence entre une vasière inondée et une mangrove. Ainsi, la seule possibilité d'obtenir, de façon non dirigée, dès la première classification la distinction, même imparfaite, des surfaces en eau, des vasières boisées et non boisées et de la terre ferme boisée et non boisée, est de réaliser une classification en un grand nombre de classes.

### 3.1.1.3. Une étape de vérification et de correction

En confrontant nos objectifs et la littérature, la méthode choisie est donc celle d'une détection des changement basée sur une comparaison de cartes, et la création de ces cartes par une classification non dirigée en un grand nombre de classes regroupées. Cependant, pour pallier les biais possibles de cette technique post-classification (Hubert-Moy, 2004), une étape de vérification et de correction de la classification a été mise en place.

#### *Réaliser une classification emboîtée de chaque classe afin de les vérifier.*

Il est nécessaire de s'appuyer sur des contrastes radiométriques significatifs entre les classes de la nomenclature *a priori*. Or, ces contrastes ne sont parfois pas aussi importants que ceux qui existent au sein d'une même classe. Nous enrichissons donc la méthode d'une étape de vérification et de correction permettant de mettre en évidence d'éventuelles distorsions entre les résultats de la classification et la typologie souhaitée. Pour mieux s'assurer la robustesse de la cartographie de l'occupation du sol sur les différentes images, il est ici proposé une chaîne de traitement par des classifications emboîtées permettant une vérification systématique des classes et leur correction.

Pour vérifier les résultats de la première classification non dirigée et des regroupements effectués, une nouvelle classification des pixels est effectuée au sein de chaque classe obtenue à l'étape précédente. On crée autant d'images binaires qu'il existe de classes, lesquels constituent ce que l'on nomme « masque » dans les étapes suivantes. En leur sein on effectue deux étapes de traitement.

#### *Les A.C.P.*

N'Guessan *et al.* (2003) améliorent la classification en effectuant une Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) sur les canaux LANDSAT afin et d'étirer au mieux les contrastes radiométriques. Cette technique d'amélioration des contrastes radiométriques par l'A.C.P. sera utilisée pour la cartographie de l'occupation du sol. L'analyse en composantes principales est une étape importante de cette chaîne de traitements d'images. L'A.C.P. permet en effet de faire la synthèse des six canaux LANDSAT en six composantes principales hiérarchisées suivant l'importance des contrastes radiométriques. Les composantes principales forment alors des néo-canaux où les redondances ont été éliminées (exemple des canaux du visible en général très corrélés entre eux), et où chaque contraste radiométrique est étiré au maximum. L'A.C.P. permet donc la distinction de faibles contrastes radiométriques.

Il s'avère dans notre cas souvent nécessaire d'étirer les contrastes radiométriques au sein du masque. A cette fin, nous procédons au calcul d'une Analyse en composantes principales (A.C.P.) au sein de chaque masque. A partir des néo-canaux issus de l'A.C.P., on effectue une seconde classification non dirigée. Par exemple, si lors de la classification non dirigée en quinze classes, une classe couvre les tannes les plus inondés et la mangrove la plus ouverte, cette classe sera regroupée avec les tannes et rizières de mangrove pour constituer un premier masque. Pour corriger ce masque, il s'agit de séparer cette classe en deux. Pour cela, il faut s'appuyer sur les différences de luminance dans le proche infra rouge (PIR) qui permettent de distinguer les surfaces couvertes de mangrove des tannes inondés. Or, le principal contraste radiométrique résidera pour l'ensemble de ces pixels dans la réflectance des canaux visibles pour les tannes secs couverts de sel, en opposition aux autres surfaces et dans la luminance dans l'infrarouge moyen (TM7) pour les tannes inondés et les tannes secs. Ainsi, les faibles contrastes radiométriques opposant les tannes inondés des mangroves ouvertes risquent d'être occultés par les autres contrastes radiométriques dans une classification non dirigée. L'emploi d'une A.C.P. va synthétiser les contrastes de réflectance dans le visible

dans la première composante principale et probablement mettre en évidence les contrastes de réflectance du PIR dans la deuxième ou troisième composante principale.

### *Les classifications emboîtées*

Sur les néo canaux de l'A.C.P. (les trois premières composantes principales) et au sein des masques, on effectue des classifications. Ces classifications servent à mettre en évidence la présence ou l'absence d'un groupe de pixels ne correspondant pas au type d'occupation du sol auquel on a attribué la classe à l'étape précédente. Si une classe est bien définie la classification emboîtée présente six sous classes typiques du type de couverture du sol, si la classe présente une marge d'erreur, certaines sous classes présenteront des courbes radiométriques typiques d'autres types de couverture du sol. Cette étape permet de vérifier et si besoin de corriger les classes.

### 3.1.1.4. Choix des données

#### *Les images*

Les analyses ici présentées doivent servir à procéder à la cartographie de l'occupation du sol à trois dates. Les échelles moyennes (macro et micro-régionale) sont ici visées. Nous pouvons nous interroger sur les images les mieux adaptées à ces besoins.

Elles doivent être d'une taille suffisante pour couvrir le littoral sur une longueur de 400 km et sur une largeur de 100 km. Les images à très haute résolution de type IKONOS et QUICKBIRD qui couvrent une surface de moins de 20 km de côté, sont donc inadaptées ; elles sont, par ailleurs, également inadaptées à la maille des formations végétales que l'on cherche à cartographier, une image à très haute résolution permettra de distinguer chaque arbre en tant qu'individu végétal et de mener à la cartographie des éléments de paysage. Un zonage d'images satellites à très haute résolution est, par ailleurs, effectué en ce sens (chapitre 7).

Il est donc préférable d'utiliser des images à haute résolution telles que les images SPOT et LANDSAT, qui permettent d'analyser notre zone d'étude à l'aide d'un assez petit nombre d'images. Par ailleurs les pixels de 20 ou 30 m, loin de constituer une limite à une bonne définition des formations végétales, est, au contraire, une résolution spatiale parfaitement adaptée au grain des formations végétales aux échelles régionales, lissant la micro-hétérogénéité de chaque grain. Au sein de cette maille de pixels de 20 à 30 mètres de côté, l'information est synthétique et l'on peut définir des zones de plusieurs centaines à plusieurs milliers de mètres carrés aux caractéristiques radiométriques communes : la macro-hétérogénéité de la couverture du sol.

Les images SPOT et LANDSAT permettent de mettre au point des produits cartographiques relativement comparables. Cependant, la scène LANDSAT (160 km de côté) est plus grande que la scène SPOT (60 km de côté). L'ensemble de la zone d'étude peut être couvert par une mosaïque de quatre scènes LANDSAT, alors qu'une dizaine d'images SPOT auraient été nécessaires. La réduction du nombre de scènes permet d'augmenter l'homogénéité des résultats cartographiques. En effet, dans la mesure où il est toujours difficile de se procurer des images de même date, plus le nombre d'images est grand, plus la base de données est hétérogène.

De plus, les images LANDSAT possèdent une meilleure résolution spectrale que les images SPOT. Or, Les canaux tels que TM1, et TM7 qui sont absents des données SPOT, peuvent se révéler d'une grande utilité pour la distinction de certains types d'états de surface qui présentent des similarités radiométriques dans le visible et le proche infrarouge. MSS possède, par ailleurs, une résolution spectrale plus faible que TM. Certaines typologies complexes pouvant être appliquées à des images LANDSAT TM ou ETM+ ne peuvent l'être aux images MSS, ce qui nous incite également à adopter une typologie simple.

Enfin, en raison de l'existence du satellite MSS dans les années 1970, seules les images LANDSAT permettent une analyse diachronique d'images satellites remontant à plus de vingt ans. Une base de données

d'images satellites LANDSAT couvrant les trente dernières années avec une date intermédiaire est aussi mise en place.

Les trames quasi similaires pour TM dans les années 1980 et ETM+ dans les années 2000, diffèrent du satellite MSS. Cependant, bien que localisées différemment, quatre scènes LANDSAT sont nécessaires pour MSS comme pour TM et ETM+. Un certain nombre d'images sont disponibles, en téléchargement libre, sur le site du G.L.C.F. Ces images sont géoréférencées ce qui permet d'éviter de longs pré-traitements pour s'assurer du calage des images pour chaque date chaque scène.

Les images de saison des pluies, outre qu'elles présentent fréquemment d'importants couverts nuageux, montrent une grande activité chlorophyllienne dans les espaces agricoles, ce qui peut créer des confusions avec certains types de boisements. Les prises de vue en fin de saison sèche présentent l'avantage de ne posséder quasi aucune couverture nuageuse, de faire apparaître les espaces agricoles comme non ou peu végétalisés et de mettre en évidence les formations sempervirentes. Cependant, certains contrastes entre états de surface sont difficilement perceptibles, comme ceux existants entre les savanes ouvertes et les espaces agricoles faiblement végétalisés. Les images de la fin de la saison des pluies ou du début de la saison sèche ont l'avantage d'être souvent exemptes de nuages et de bien montrer les contrastes entre boisements et zones non boisées. Elles permettent également de distinguer espaces boisés et non boisés tout en faisant apparaître un certain nombre de contrastes au sein des différents types de paysages. Elles seront dans la mesure du possible préférées aux images de saison des pluies et aux images de fin de saison sèche. En fonction de ces critères les images suivantes ont été sélectionnées :

Trois ensembles d'images ont été choisis : la couverture plus ancienne possible, la couverture plus récente possible et une couverture intermédiaire. Les quatre seules images accessibles sur la période de la fin des années 1970 datent de 1979. Les seules images disponibles pour une date intermédiaire sont une image de 1986 et trois images de 1988. Concernant le début des années 2000, il a été possible de constituer un groupe avec une image de 1999, deux images de 2000 et une image de 2001. Le meilleur compromis a donc été le suivant (tableau 2) :

ETM+ - Début des années 2000		TM - Fin des années 1980		MSS Fin des années 1970	
Saloum	4 novembre 1999	Saloum	10 mars 1988	Saloum	23 novembre 1979
Gambie-Casamance ouest	6 novembre 2000	Gambie-Casamance ouest	9 février 1986	Gambie-Casamance	5 novembre 1979
Gambie-Casamance est	1 décembre 2000	Gambie-Casamance est	30 novembre 1988	Guinée-Bissau ouest	26 novembre 1979
Guinée-Bissau	4 décembre 2001	Guinée-Bissau	30 novembre 1988	Guinée-Bissau est	28 décembre 1979

**Tableau 2 : images satellite traitées**

A l'exception des deux images du nord-ouest (Saloum et Gambie-Casamance ouest) sur la prise de vue de la fin des années 1980, toutes les prises de vues se placent entre le début novembre et la fin décembre c'est-à-dire le début de la saison sèche. Sur les deux images de fin de saison sèche (février et mars), il est possible de distinguer aisément les mangroves des vasières non boisées et les boisements de terre ferme des espaces non boisés. Par contre, il semble difficile de distinguer autant de catégories d'occupation du sol que ce qui aurait pu être détecté à partir des prises de vue du début de la saison sèche.

La qualité des données est donc inégale : celles de la fin des années 1970 et celles de la fin des années 1980 est moins bonne que celle du début des années 2000. Plus précisément, elles ne permettent pas d'appliquer une typologie aussi précise que ne le permet la base de données d'images du début des années 2000. Les images de la fin des années 1980 sont, pour moitié, datées de la fin de la saison des pluies et n'offrent pas les mêmes possibilités de détection. Les images de la fin des années 1970 sont de résolution spectrale trop faible pour distinguer un grand nombre de types de d'occupation du sol. Aussi nous



présenterons deux typologies différentes : une typologie simple pouvant être appliquée aux trois dates de façon reproductible et généralisable tout en pouvant assurer la justesse des résultats et une typologie plus précise appliquée aux images du début des années 2000. Ces deux typologies sont définies et discutées ci-dessous (3.1.2)

### *Les données de terrain*

Un premier ensemble de données est constitué par le transect de végétation nord – sud : il est constitué de relevés géoréférencés. La distribution linéaire sub-continue de ces relevés permet une prise en compte de l'ensemble régional qu'il faut mettre en rapport avec la carte obtenue par analyse des images. Ce transect botanique plus amplement décrit pour la technique (4.1) et les résultats (5.2) est constitué de 102 relevés de 500 mètres, parcourant une ou plusieurs formations végétales. Chaque nouveau type de paysage rencontré est décrit et s'ajoute à la typologie que l'on cherche à cartographier par télédétection (3.1.2.1).

Un transect botanique à une autre échelle a été effectué dans le delta du Saloum (cf. 4.2.1). Il est constitué d'une ligne de 26 km de relevés discontinus du fait de la présence de chenaux et de secteurs de terre ferme où chaque individu a été noté (plus de 4000 au total). Une typologie de paysages de mangrove constituée des paysages rencontrés sur le transect est ainsi établie, elle représente la quasi-totalité des types de paysages de mangrove de la zone d'étude. Pour atteindre, sinon l'exhaustivité, du moins une meilleure représentativité, les relevés ponctuels (cf. 4.2.3) dans les autres deltas sont mis à contribution pour compléter la liste des types de paysages de mangrove.

#### **Objectifs et discussion de la technique de traitement d'images (3.1.1)**

Nous avons, en confrontant nos objectifs thématiques, nos exigences techniques et les techniques couramment utilisées, effectué un certain nombre de choix permettant de construire le schéma méthodologique suivant :

- effectuer une typologie des paysages par recensement des types récurrents
- utiliser une typologie simple, pour l'analyse diachronique, plus complexe pour analyser les paysages au début des années 2000 où les données sont de meilleure qualité
- procéder à la détection des changements par comparaison de classifications d'images
- procéder à des classifications non dirigées emboîtées avec une première classification à 15 classes regroupées à 5 classes, au sein desquelles sera effectuée une Analyse en Composantes Principales permettant d'extraire les contrastes radiométriques suivie d'une classification permettant de vérifier la classe en comparant les profils des sous classes.

### **3.1.2. De la nomenclature des paysages à la classification multispectrale**

Il est nécessaire d'établir une nomenclature d'occupation du sol plus précise que la seule distinction entre espaces boisés et non boisés des vasières et de la terre ferme pour les images du début des années 2000. Toute la difficulté de l'exercice réside en la recherche d'une concordance entre cette nomenclature et ce que l'on peut obtenir par classification non dirigée (Ju et al. 2005). Ainsi, on s'appuiera sur les données de terrain pour construire sur des bases concrètes et rigoureuses une bonne définition des paysages, correspondant à un type d'occupation du sol et dont on pense pouvoir obtenir une identification par classification multispectrale. Après avoir présenté les paysages de terre ferme à partir des transects effectués de Sangako (Saloum, Sénégal) à Nyassia (Casamance, Sénégal) (figure 16) (3.1.2.1) et les paysages de mangrove à partir d'un transect à travers le delta du Saloum complété par des relevés ponctuels en Gambie, Casamance et dans le Rio Cacheu (figure 33) (3.1.2.2), nous construirons les catégories qui serviront à l'interprétation des classifications multispectrales effectuées à partir des différentes scènes satellitaires (3.1.2.3).

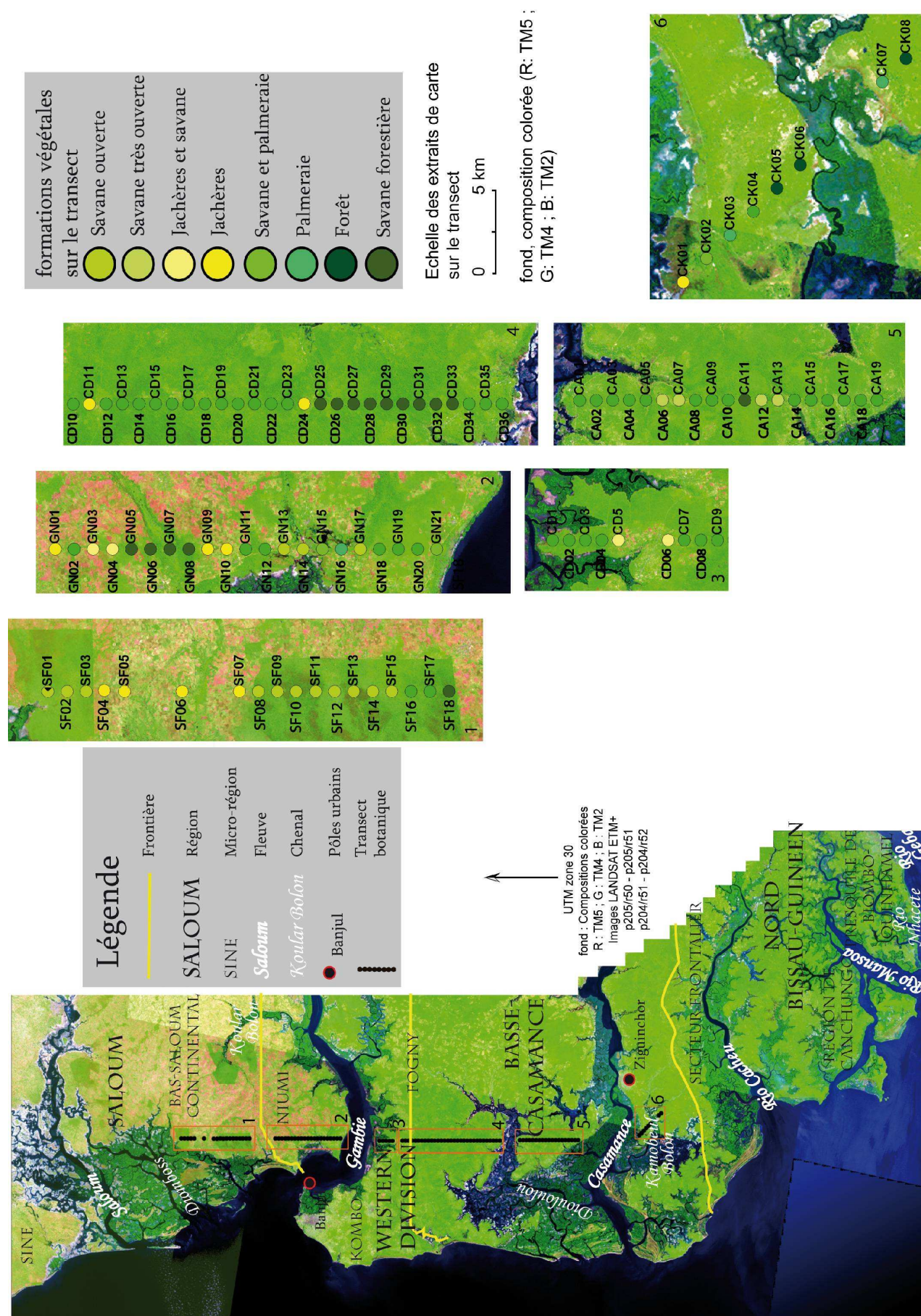


Figure 16 : Localisation du transect et de ses relevés



### 3.1.2.1. Identification des paysages de terre ferme

Le transect phytoclimatique de terre ferme (figure 16) permet d'établir une liste assez exhaustive des types de paysages du littoral ouest-africain. Cette description du transect botanique et paysager concerne les trois régions les plus septentrionales : le Bas-Saloum continental (Sénégal), la Western-Division (Gambie), la Basse-Casamance (Sénégal).

#### *Le Nord et les paysages contrastés du Bas-Saloum*

Le transect débute (relevés SF01 à SF04) au sein de la forêt classée de Sangako par un paysage de savane boisée très ouverte (figure 17, *Terminalia macroptera*, *T. laxifolia* et *Anogeissus leiocarpus*). Le taux de recouvrement du sol par les arbres (projection des couronnes sur le sol) est estimé à un peu plus de 20 %. La seconde strate est herbacée, annuelle.



**Figure 17 : Savane ouverte (Forêt Classée de Fathala, Bas-Saloum, Sénégal, 2004)**

Les relevés SF04 et SF05 puis, après une interruption, SF06 et SF07, sont situés dans des jachères (figure 18). Le taux de recouvrement des arbres est à nouveau faible, avec la dominance des mêmes espèces. La strate arbustive est dominée par *Guiera senegalensis*.



**Figure 18 : Jachères (Brikama, Kombo, Gambie, 2005)**



Entre les relevés SF05 et SF06, un paysage agricole très peu végétalisé et de très grande superficie apparaît (figure 19). Peu d'arbres ponctuent ce paysage agricole, les principales espèces en sont : *Azadirachta indica*, *Terminalia macroptera*, *Cola cordifolia* et *Parkia biglobosa*.



Figure 19 : Zone agricole (Bani, Bas-Saloum, Sénégal, 2005)

Les relevés SF08 à SF16 ont été effectués dans la forêt classée de Fathala (hors zone grillagée) ils présentent des paysages de savane boisée ouverte, similaires à ceux rencontrés dans la forêt classée de Sangako.

Les deux relevés suivants (SF17 et SF18), toujours en forêt classée, correspondent à une savane boisée un peu plus fermée que les précédentes (figure 20). Les deux strates sont identiques aux savanes très ouvertes, les espèces dominantes et les ports des arbres étant relativement similaires. La seule différence entre ces deux types de paysages de savane est un taux de recouvrement par les arbres dépassant 30 % et atteignant, localement, 60% du sol.



Figure 20 : Savane assez dense (Forêt Classée de Fathala, Bas-Saloum, Sénégal, 2004)



Le relevé SF19, dernier avant la frontière entre le Saloum et le Niumi, s'apparente plus à un paysage de savane forestière (figure 21). La strate arborée est plus dense (autour de 80%). La flore est plus riche et le paysage est dominé par de grands individus (*Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia olivieri*). Une troisième strate apparaît : la strate arbustive qui présente des lianes et buissons tels *Holarrhena floribunda* et *Hoslundia oppositifolia*. Dans les paysages de savane forestière, des arbres de taille moyenne à grande surmontent un sous-bois parfois relativement dense mais jamais au point d'empêcher le développement d'une couverture herbacée continue à la saison des pluies.



Figure 21 : Savane forestière (1 : Forêt classée de Koular, Bas-Saloum, Sénégal, 2004 ; 2 : Forêt Classée de Fathala, 2005)

### La Western-Division

Les relevés GN01 à GN18 présentent une mosaïque dans laquelle alternent les types de paysages déjà rencontrés : jachères (relevés, GN01, GN02, GN07, GN08), savanes ouvertes (GN03, GN04, GN09 à GN12, GN15 à GN18), et savanes forestières (25, 26).

Les relevés GN13, et GN14, ainsi qu'une partie du relevé GN19, voient l'apparition d'un nouveau paysage très différent. Il s'agit de palmeraies denses à *Elais guineensis* (figure 22). Ces palmeraies prennent la forme d'une strate arborée présentant une canopée presque continue (taux de recouvrement entre 60 et 100 %), dominée par le Palmier à huile. La strate arbustive d'une très grande diversité y est très développée, également entre 60 et 100% de taux de recouvrement.





**Figure 22 : Palmeraie (Albreda, Niumi, Gambie, 2004)**

Un nouveau type de paysage apparaît aux relevés GN18 et dans certains secteurs du relevé GN19 en approchant des rives du fleuve Gambie. Il s'agit de boisements ouverts au taux de recouvrement du sol par la strate arborée assez faible entre 30 et 60 %, c'est-à-dire du même ordre que celui des savanes ouvertes du Sénégal à la différence que la strate arbustive y est bien développée avec des taux de recouvrement eux aussi entre 20 et 60% (figure 23).



**Figure 23 : Savane arbustive dense, (Albreda, Niumi, Gambie, 2004)**

En rive sud du fleuve Gambie, le transect débute (relevés CD01 à CD04) dans la forêt communautaire de Kafuta présentant des bosquets de Rôniers dans une matrice de savane boisée ouverte (figure 24). A cette hétérogénéité près, les savanes sont similaires à celles observées dans le sud de la forêt classée de Fathala. Les bosquets de Rôniers sont denses, leurs cimes sont jointives avec des arbres hauts de 2 à 6 mètres.



Figure 24 : Savane dense à bosquets de rôniers (Kafuta, Kombo, Gambie, 2004)

Le relevé CD05, est composé d'une partie en savane et d'une autre en jachère similaire à celles rencontrées jusqu'ici. De l'autre côté du village et de ses champs permanents, après un relevé qui couvre la transition entre jachères et savane dégradée, le transect traverse une savane ouverte, jusqu'au relevé CD10.

#### ***La Basse-Casamance : des savanes forestières aux mosaïques paysagères guinéennes***

Dans cette même trame de savane boisée ouverte qui s'étend jusqu'au relevé CD24, les relevés CD11 à CD18 et CD25 à CD27 présentent un certain nombre de bosquets de savane forestière plus dense. Comme les types de paysages décrits ci-dessus, il s'agit de savane ouverte à deux strates, ou trois strates avec une strate arbustive au faible taux de recouvrement. Les taches de savane forestière possèdent les caractéristiques de la savane forestière rencontrée au dernier relevé de la forêt classée de Fathala. Les relevés CD28 à CD34 traversent une savane forestière au couvert ligneux haut, très dense.

Les relevés CD35 et CD36 à proximité du fleuve Gambie et des vasières qui le bordent présentent une savane basse et ouverte, assez proche de celle rencontrée dans les derniers relevés avant le fleuve Gambie. De l'autre côté des vasières, dans le Boulouf, les relevés CA01 à CA05 traversent des boisements très ouverts, à la strate basse assez bien développée. Les relevés CA06 à CA013 présentent une mosaïque de savanes ouvertes, de savanes forestières et de quelques taches de palmeraies.

Un nouveau type de paysage apparaît aux relevés CA8, CA9 et CA10. Ce sont des fourrés lianescents bas et denses. La strate arborée, ouverte, a un taux de recouvrement au sol inférieur à 20%. La strate arbustive, entre 60 et 100 % de taux de recouvrement, est dominée par des lianes de type *Saba senegalensis* et *Landolphia dulcis* (figure 25).





**Figure 25 : Fourré lianescent (Forêt classée d’Affiniam, Boulouf, Sénégal, 2004)**

Près des vasières et des villages, on retrouve des boisements ouverts, similaires à ceux rencontrés au nord du Boulouf.

Les deux premiers relevés dans le Kassa, des boisements très ouverts, sont des rizières complantées de palmiers à huile dans certains secteurs, de Cades (*Faidherbia albida*) et de Nérés (*Parkia biglobosa*) dans d’autres secteurs (figure 26).



**Figure 26 : Rizières complantées (Enampore, Kassa, Sénégal, 2004)**

Ensuite se retrouvent, aux relevés CK03 et CH07, des palmeraies denses, au relevé CK04, une savane boisée et des jachères.

Les relevés CK5, CK6 et CK8 offrent une dernière formation végétale. La forêt se présente comme une formation aux strates assez mal définies. La strate arborée haute est continue (90 à 100 % de taux de recouvrement), la strate des herbacées annuelles est très ouverte (5 à 10 %) et un certain nombre de jeunes arbres, grands et petits arbustes ou lianes, constituent des strates intermédiaires difficiles à distinguer. La figure 27 illustre ces paysages. Précisons qu’il s’agit d’un paysage de forêt tropophile et non d’une forêt tropicale humide : le nombre de strates est assez réduit et les épiphytes en sont absents.



**Figure 27 : Forêt (Kamobeul, Kassa, Sénégal, 2004)**

Les paysages de terre ferme rencontrés plus d'une fois le long du littoral sont donc :

- les zones agricoles plus ou moins végétalisées (figure 28)
- les savanes ouvertes (figure 29)
- les savanes forestières (figure 30)
- les forêts (figure 31)
- les palmeraies (figure 22)

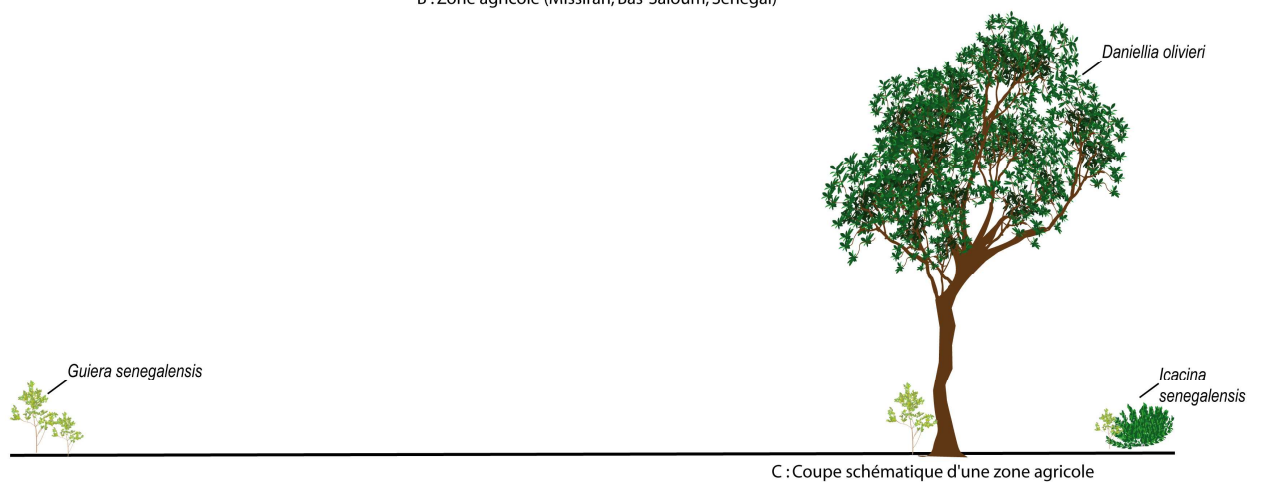




A : Zone agricole (Bani, Bas-Saloum continental, Sénégal)



B : Zone agricole (Missirah, Bas-Saloum, Sénégal)



C : Coupe schématique d'une zone agricole

Figure 28 : Zone agricole





A : Savane ouverte dans les Kalounayes (Casamance, Sénégal)



B : Savane ouverte, (Diamniadio, Iles du Gandoul, Sénégal)

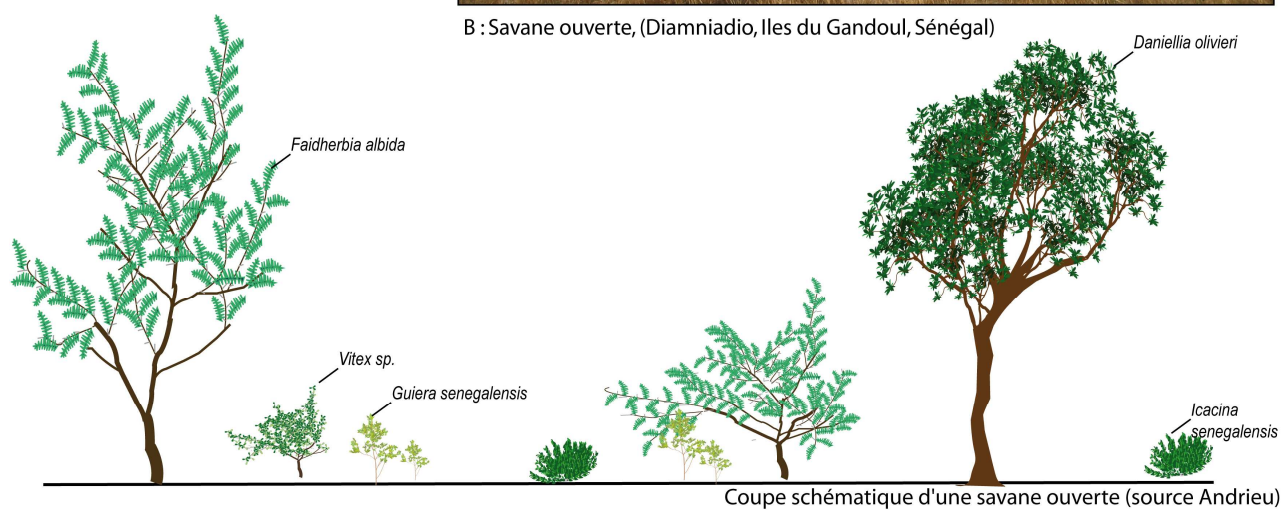


Figure 29 : Savane ouverte

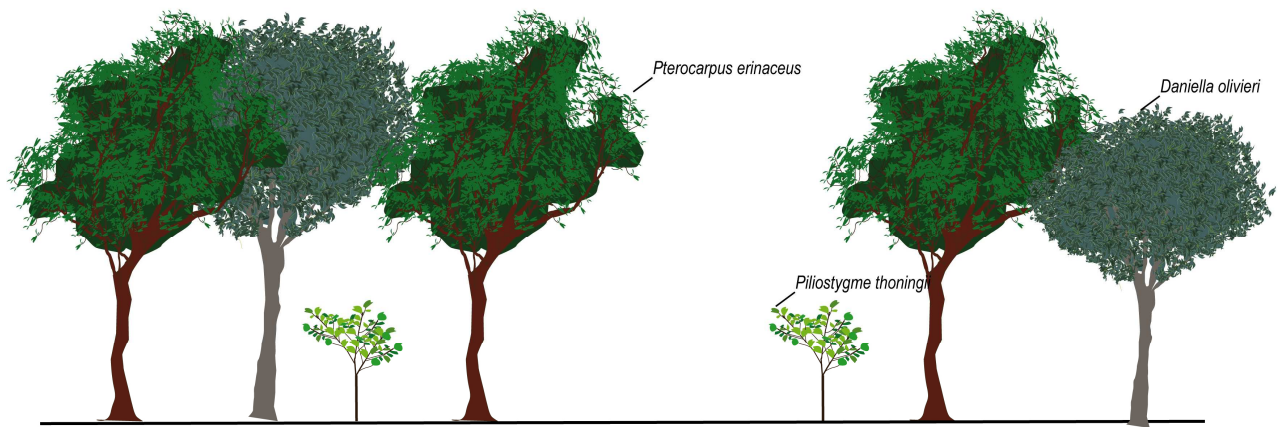




A : Savane forestière à Brefet (Fogny-Gambie)



B : Savane forestière, forêt classée de Sangako (Bas-Saloum, Sénégal)



C : Coupe schématique d'une savane forestière

Figure 30 : Savane forestière

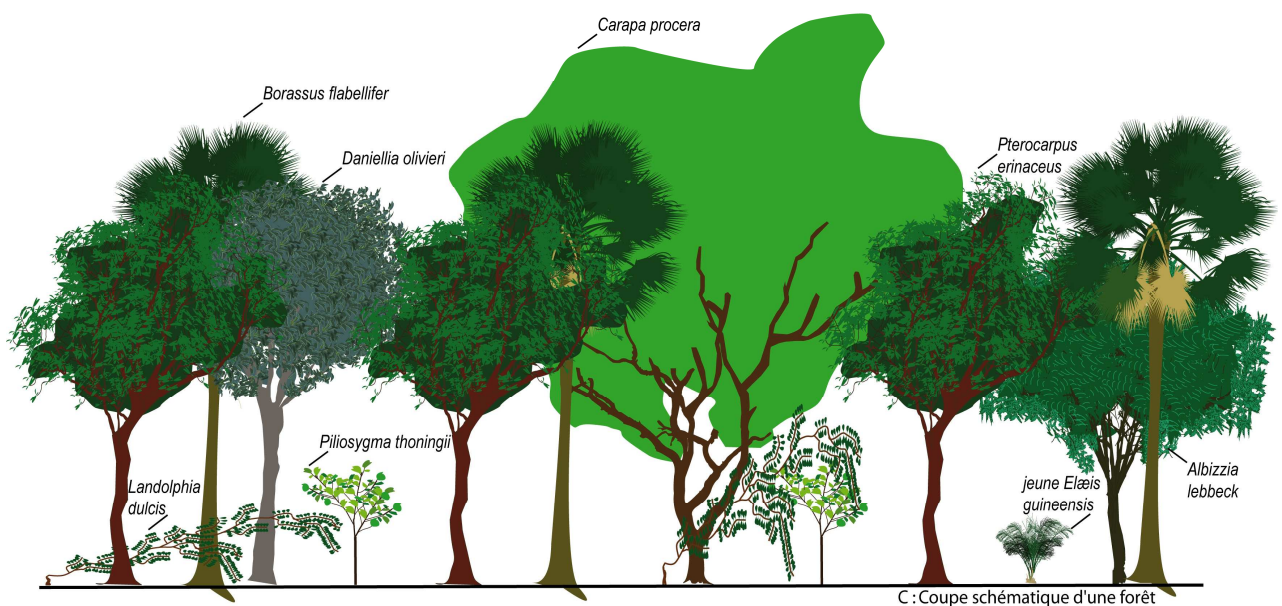




A : forêt tropophile autour d'une piste  
(Cantanhez, Guinée-Bissau)



B : forêt tropophile, sous bois (Cantanhez, Guinée-Bissau)



C : Coupe schématique d'une forêt

Figure 31 : Forêt





A : Pépinière de riz sous palmeraie (Kamobeul, Kassa, Sénégal)



B : Jachère ancienne sous palmeraie (Kamobeul, Kassa, Sénégal)



C : Jachère d'un an sous palmeraie (Kamobeul, Kassa, Sénégal)

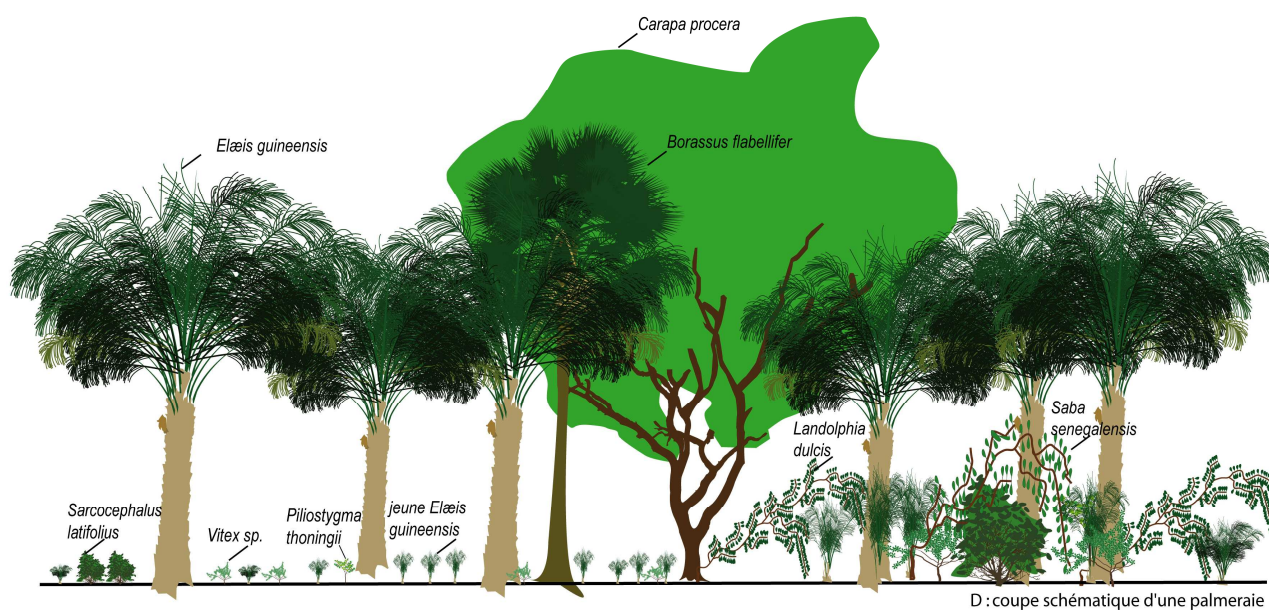
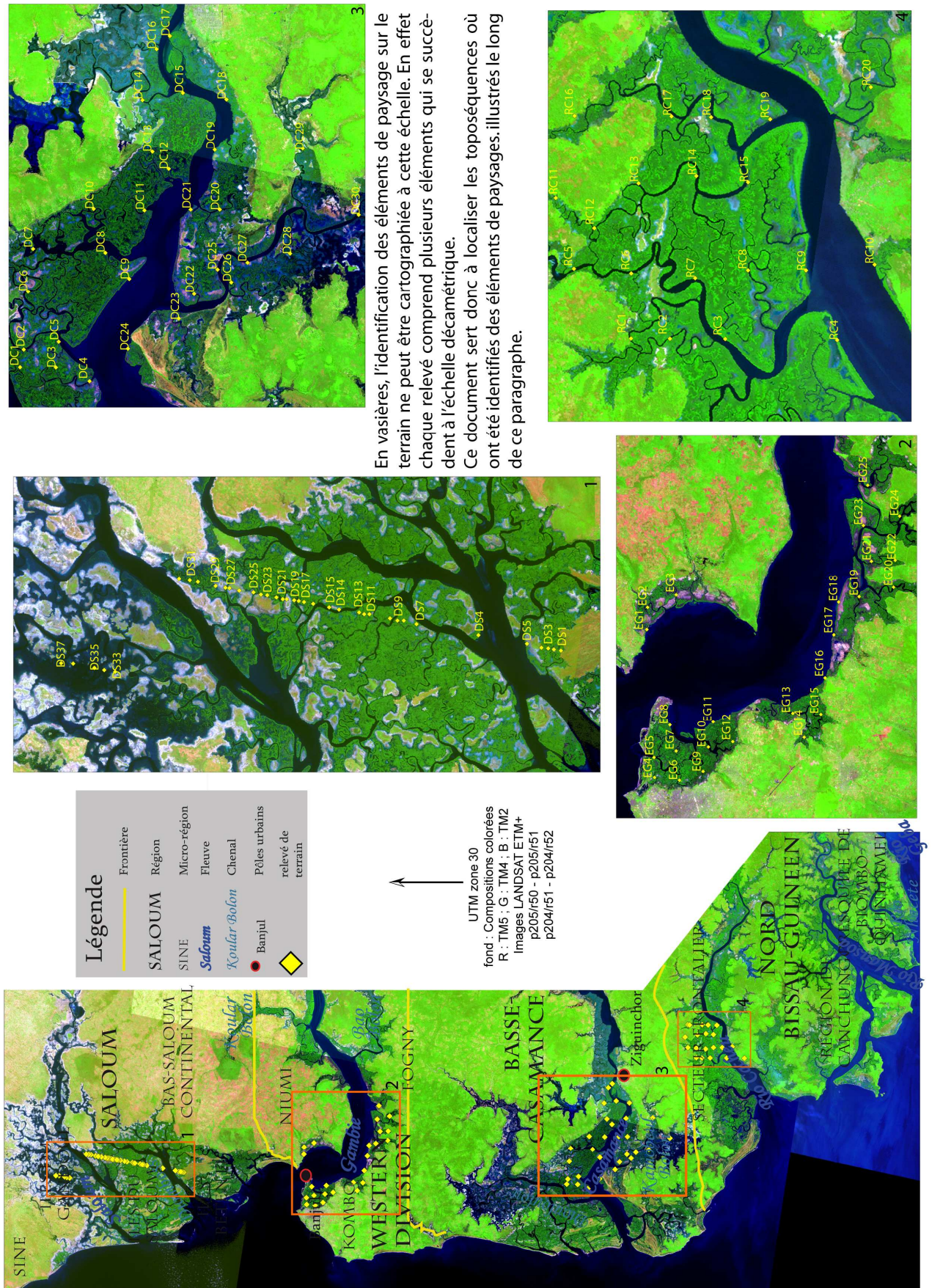


Figure 32 : Palmeraie





### 3.1.2.2. Identification des paysages de mangrove



Le transect traversant les mangroves du delta du Saloum débute dans les îles Betenti, à proximité du village de Bamboung, sur l'île de Bossinkang (figure 33). Le premier paysage rencontré (toposéquence 1) est composé de plusieurs éléments qui se succèdent de la terre ferme vers le chenal : le tanne herbu, le tanne nu, l'arrière mangrove, le peuplement monospécifique à *Rhizophora mangle* et la rive (figure 34).



**Figure 34 : *Avicennia africana* au port arboré sur tanne herbu, tanne nu inondé et arrière-mangrove arbustive (Toposéquence 1, Delta du Saloum, Sénégal)**

Le premier élément est le tanne, une étendue de vase rarement inondée car située assez haut sur l'estran. On retrouve premièrement le tanne herbu, où un *Avicennia africana* à la limite haute de l'estran s'élève à 6 mètres avec un port arboré au-dessus d'une strate herbacée à *Cyperus esculenta*. Lui succède en deuxième lieu une étroite bande de tanne nu, sans aucune végétation.

Le deuxième élément est une mangrove mixte à *Avicennia africana* et *Rhizophora mangle*. Cette formation végétale n'est pas clairement stratifiée avec des arbustes de 50 cm à 2 mètres de haut, au port buissonnant, assez rond pour les *Rhizophora* sp. et pointu pour les *Avicennia*.

Le troisième élément de paysage rencontré, plus bas sur la même toposéquence, est une formation monospécifique à *Rhizophora mangle* s'élevant de 3 à 6 mètres (figure 35). Les arbres ont un port forestier à houppier étroit et à la quasi absence de feuillage sur les branches basses. De grandes plages sont couvertes de peuplements d'apparence équiennes. Une strate de plantules est particulièrement importante, selon un semis régulier ouvert avec, dans les trouées et les chablis, un tapis continu.

Le quatrième élément de paysage correspond aux rives de chenaux. On y trouve un peuplement à *Rhizophora racemosa*, très haut bien qu'assez irrégulier, certains arbres s'élevant au-delà de 8 mètres. Le port des palétuviers y est très particulier, avec un fort développement des branches vers le chenal (figures 36 et 36). Ce port est lié au meilleur développement des tissus végétaux vers la lumière, aux sols profondément inondés du bord du chenal et à l'élagage naturel de ceux qui se situent vers l'intérieur de la mangrove, dans les secteurs moins inondés. Les arbres possèdent donc souvent une branche très solide à l'horizontale, orientée perpendiculairement au chenal, s'appuyant sur un grand nombre de rhizophores robustes et à partir de laquelle le système aérien se développe.





Figure 35 : Peuplement de *Rhizophora mangle*, fin et jeune et partiellement dépérissant (Toposéquence 1, Delta du Saloum, Sénégal)

Les rives à *Rhizophora racemosa* et de forêts à *Rhizophora mangle* se retrouvent en alternance jusqu'au centre de l'île Gouk (toposéquences 1 à 16).



Figure 36 : Rive à *Rhizophora racemosa*, vue de la rive (Toposéquence 1, Delta du Saloum, Sénégal)





**Figure 37 : Rive à *Rhizophora racemosa*, vue de l'intérieur (Toposéquence 1, Delta du Saloum, Sénégal)**

On rencontre ensuite à la toposéquence 17, une formation buissonnante assez dense à *Avicennia africana*. Les arbustes s'élèvent entre 50 cm et 2,5 mètres (figure 38) dont une grande partie montre des tissus sénescents. Des plantules de *Rhizophora sp.* sont présentes au pied des arbustes. Cependant, aucun jeune ne semble survivre très longtemps dans ce milieu, la plupart des plantules dépérissant ensuite.



**Figure 38 : Peuplement bas, dense et monospécifique à *Avicennia africana* (toposéquence 6, Delta du Saloum, Sénégal)**



Plus loin sur le transect, au niveau de Ngadior, un autre élément de paysage de mangrove apparaît : il s'agit d'une formation buissonnante et arbustive beaucoup plus ouverte et mixte à *Rhizophora mangle* et *Avicennia africana* (figure 39, figure 40). Elle se distingue du premier élément de paysage rencontré (de mangrove mixte et buissonnante lui-aussi) par la très mauvaise santé de la majorité de ces arbustes : les *Avicennia africana* sont tous sénescents à des degrés divers et les mangliers sont soit des arbustes de 50 cm à 1,5 m de hauteur à l'aspect sain, soit morts sur pied.



Figure 39 : Mangrove basse et sénescente en rive concave (toposéquence 7, Delta du Saloum, Sénégal)



Figure 40 : Mangrove basse et sénescente en rive concave (toposéquence 24, Delta du Saloum, Sénégal)

Plus haut sur la même toposéquence, on entre dans un paysage où le tanne est très différent de l'étroite bande rencontrée au début de la première toposéquence car il s'agit ici d'une très grande étendue, au centre de l'île. Les bords du tanne sont peuplés de jeunes rhizophoras donnant un aspect de lisière progradante (figure 31). Ces jeunes arbustes et jeunes plantules sont cependant voués à mourir dès la première saison sèche particulièrement longue. Il s'agit d'un peuplement qui se renouvelle sans réelle progression de la végétation. Au centre, une très grande étendue de vase se trouve totalement dénuée de végétation.





Figure 41 : Tanne vif étendu au centre d'une île (toposéquence 24, Delta du Saloum, Sénégal)

Des îles Betenti jusqu'à la limite septentrionale de la mangrove au sein du delta du Saloum, ces formations végétales se succèdent avec régularité en fonction de la topographie et de la possibilité de brassage des eaux hyper-halines avec celles de l'océan. À l'inverse des paysages de terre ferme, variables, les paysages de mangrove sont constants malgré quelques légères nuances dans la hauteur, la densité des arbres ou des arbustes. Les six éléments de paysages de la mangrove permettent de couvrir l'ensemble des paysages de vasières du Delta du Saloum.

Des relevés stationnels de la végétation ont été effectués en Gambie, en Casamance et dans les vasières du Rio Cacheu. Dans la partie aval de l'estuaire gambien qui a été étudiée, aucun nouvel élément de paysage. Seule la proportion de chacun d'entre eux change, notamment les formations de rive à *Rhizophora racemosa* qui s'étendent sur une plus grande largeur avec des arbres souvent très hauts et très larges.

Dans la partie centrale du delta du fleuve Casamance, au relevé DC 26 un nouvel élément de paysage apparaît, les rizières à mangrove (figure 42). Les rizières inondées sur vasières à mangrove sont des espaces aménagés par des digues, des diguettes et parfois des sillons. Ils sont non ou très peu boisés, avec présence éventuelle d'arbustes et d'arbres sur les digues, essentiellement des ARECACÆS : le Rônier (*Borassus aethiopium ssp. flabellifer*) ou le Palmier à huile (*Elæis guineensis*).



Figure 42 : Rizière de mangrove (DC26, Basse-Casamance, Sénégal)

Dans la partie centrale de l'estuaire du Rio Cacheu, un dernier élément de paysage s'ajoute à la liste. Il s'agit des rives à *Laguncularia racemosa* (Figure 43). Elles se présentent globalement comme les rives à *Rhizophora racemosa* bien que les individus les plus proches de la rive y sont moins hauts et sont précédés sur l'estran (et dans la succession) par une frange progressive et progradante de *Laguncularia racemosa*. Au plus bas, les plus jeunes *Laguncularia racemosa* s'élèvent de quelques centimètres et au contact avec les mangliers, les arbustes les plus âgés s'élèvent à 2 mètres.



Figure 43 : Lisière progradante à *Laguncularia racemosa* (RC9, Cacheu, Nord-bissau-Guinéen)

Les éléments de paysages des vasières rencontrés plus d'une fois le long du littoral sont donc :

- les rives à *Rhizophora racemosa* (figure 44)
- les rives à *Laguncularia racemosa* (figure 45)
- les mangroves moyennes (figure 46)
- les tannes (figure 47 a)
- les rizières de mangrove (figure 47 b)

### 3.1.2.3. Définition des nomenclatures

Il s'agit d'élaborer deux nomenclatures qui peuvent être retrouvées par classification multi spectrale, pour une cartographie avec une marge d'erreur la plus petite possible.

Les travaux de Vasconcelos *et al.* (2002) dont une partie de la zone d'étude est commune à la notre au niveau du Rio Cacheu, offre une référence intéressante pour le choix de la méthode. En effet, dans l'objectif d'une carte des changements, les auteurs ont mis en place une typologie très détaillée, les boisements de terre ferme étant, par exemple, divisés en quatre groupes : palmeraies, savanes ouvertes, savanes forestières et mosaïques de savanes ouvertes et forestières. Or, cette classification multispectrale se révèle présenter une certaine inefficacité dans la distinction entre la savane ouverte et la mosaïque de savanes révélée par une marge d'erreur respective de 66 % et de 53 %. Rappelons par ailleurs, que les images disponibles présentent une hétérogénéité dans la date de prise de vue pour la couverture des années 1980 et une faible résolution spectrale pour la fin des années 1970. Aussi avons-nous pris le parti d'utiliser, pour la carte des changements, une typologie plus élémentaire afin d'assurer une robustesse maximale. Une carte plus détaillée sera tout de même effectuée au début des années 2000 où la mosaïque d'images est la plus adaptée. Dans d'autres régions, on retrouve de telles prudences appliquées à la cartographie de formations forestières (Salovaara *et al.* 2005).

#### *Typologie simple et binaire : boisé, non boisé*

Une première nomenclature simple s'appuie sur la distinction entre trois types de milieux : infratidal, intertidal (vasières), supratidal (terre ferme). Au sein des deux derniers, la subdivision essentielle consiste à reconnaître les espaces boisés de ceux qui ne le sont pas ou peu. Le seuil choisi pour définir un espace boisé d'un espace non boisé se situe vers 25-30% de recouvrement du sol par des arbres ou arbustes.

Il nous a semblé préférable d'identifier quelques grands types de paysage dont on pourra mesurer les changements, que de multiples types de paysages dont il serait très difficile de quantifier les évolutions à moins d'un effort très coûteux en terme de recueil de données de terrain (Cuq *et al.*, 1996).





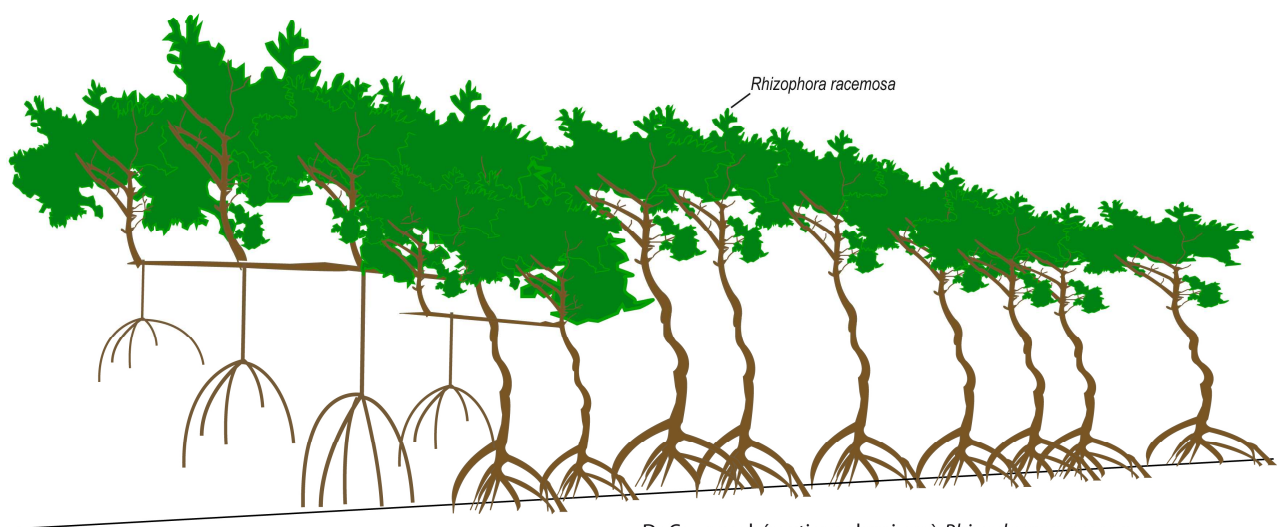
A : Rives à *Rhizophora racemosa* vue du chenal  
(Rio Cumbija - Guinée-Bissau)



B : Rives à *Rhizophora racemosa* sous bois à marée basse  
(Rio Cumbija - Guinée-Bissau)



C : Rives à *Rhizophora racemosa* sous bois à marée haute  
(Fleuve Casamance - Sénégal)



D : Coupe schématique des rives à *Rhizophora racemosa*

**Figure 44 : Rive à *Rhizophora racemosa***





A : Rives à *Laguncularia racemosa* vue de biais (Rio Cumbija - Guinée-Bissau)



B : Rives à *Laguncularia racemosa* vue de face (Rio Cumbija - Guinée-Bissau)

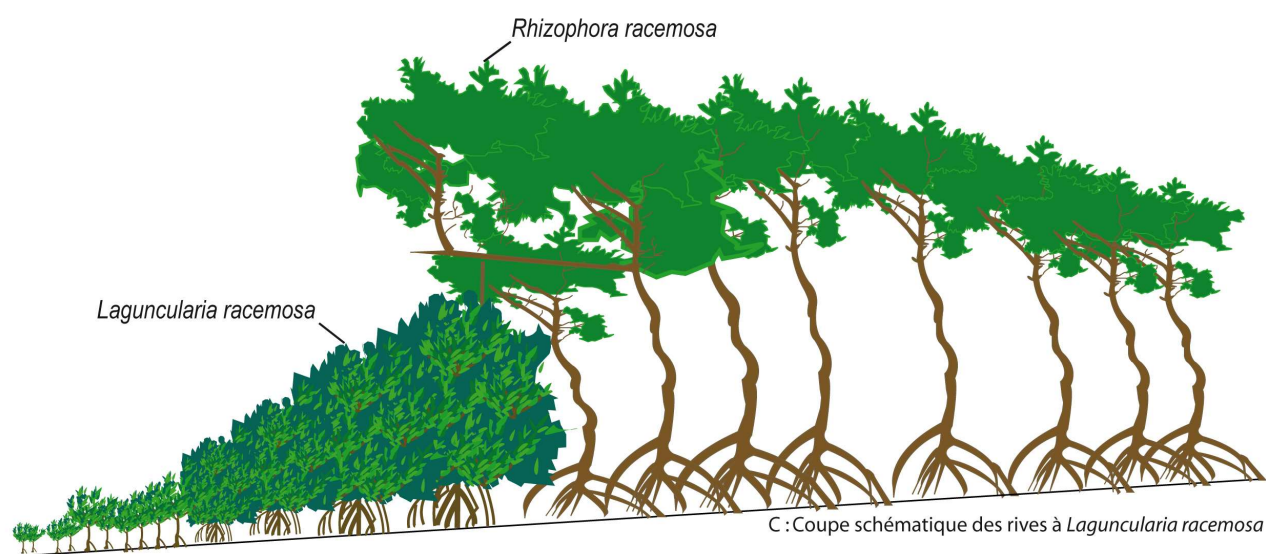


Figure 45 : Rive à *Laguncularia racemosa*



## Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud

A : Mangrove mixte de haut de versant  
(Rio Cacheu - Guinée-Bissau)



B : Mangrove buissonnante à *Avicennia africana*  
(Diouloulou - Casamance)



C : Mangrove à *Rhizophora mangle* de moyen estran  
autour d'un sentier de bucheron (îles du Saloum, Sénégal)



D : Coupe schématique des rives à *Rhizophora racemosa*

Figure 46 : Moyenne mangrove





A : Rizière de mangrove (Eloubaline - Casamance, Sénégal)

B : Tanne avec souches de palétuviers (Tiobon - Casamance, Sénégal)



Figure 47 : Tannes et Risières de mangrove

Cette nomenclature très simple peut par ailleurs permettre d'interpréter les classifications multispectrales des trois dates pour mettre en place une détection et une cartographie des changements par le croisement des cartes avec cette même grille aux trois dates. Ce croisement des trois dates offre une grande quantité d'informations thématiques sur les changements tout en mettant l'accent sur les plus importants (passage d'un état boisé à un état non boisé *et vice versa*).

### *Typologie détaillée des types d'occupation du sol*

Une typologie plus détaillée pourrait être souhaitée. Un certain nombre de types de paysages a été rencontré le long du transect. Si l'on élimine ceux de taille trop petite pour être perçus à une résolution de 28,5 mètres, demeurent :

- Les mangroves :
  - mangroves de la rive à *Rhizophora racemosa*,
  - mangroves forestières à *Rhizophora mangle*,
  - mangroves basses et ouvertes mixtes ou à *Avicennia africana*,
  - arrière-mangroves dépérissantes,
- Les tannes et rizières de mangrove :
  - tannes,
  - rizières,
- Les espaces peu ou pas boisés de terre ferme,
  - sols nus,
  - espaces bâtis,
  - espaces très faiblement végétalisés,
- Les boisements de terre ferme :
  - palmeraies,
  - savanes forestières,
  - savanes boisées,
  - savanes très ouvertes,
  - jachères denses et fourrés lianescents,

### 3.1.2.4. Courbes radiométriques et paysages végétaux

LANDSAT MSS comporte quatre canaux, LANDSAT TM sept et LANDSAT ETM+ huit. Nous n'utiliserons cependant, dans aucun des traitements d'image, les canaux TM6 et TM8. D'une part, les deux canaux présentent des résolutions spatiales différentes des six autres canaux. D'autre part leurs bandes spectrales sont d'une utilité discutable dans notre étude. TM8, le canal panchromatique, outre qu'il est absent de TM et de MSS apporterait de la redondance par rapport aux canaux TM1, TM2 et TM3. Le canal thermique (TM6) ne s'est pas révélé nécessaire pour la distinction des types d'occupation du sol dans ce milieu, rural et tropical.

	1	2	3	4	5	6	7	8
ETM +	0,45 - 0,52	0,53 - 0,6	0,63 - 0,69	0,76 - 0,9	1,55 - 1,75	10,42 - 12,5	2,08 - 2,35	0,52 - 0,9
TM	0,45 - 0,52	0,53 - 0,6	0,63 - 0,69	0,76 - 0,9	1,55 - 1,75	10,42 - 12,5	2,08 - 2,35	
MSS	0,5 - 0,6	0,6 - 0,7	0,7 - 0,8	0,8 - 1,1				

Figure 48 : fenêtres spectrales des trois satellites LANDSAT

Une des principales différences entre TM et ETM+ d'une part, MSS d'autre part, est la délimitation des fenêtres du proche infrarouge (PIR) et de l'infrarouge à ondes courtes (SWIR). TM4 correspond au PIR et TM5 correspond au SWIR, ce qui rend la lecture des courbes assez aisée. Sur MSS, le troisième canal correspond au début du PIR, le quatrième à la fin du PIR (tableau 3).

### Cinq grands types d'occupation du sol

La détection des catégories d'occupation du sol définies ci-dessus s'effectue par l'interprétation des courbes radiométriques réalisées à partir de la moyenne de luminance par canal de l'ensemble des pixels de chaque classe issue de la classification non dirigée. Cette interprétation repose sur un certain nombre de critères permettant la reproductibilité de la démarche. Les critères d'analyse des courbes utilisés sont les suivants :

- L'eau, caractérisée par une luminance qui diminue depuis les plus courtes vers les plus grandes longueurs d'ondes,
- La végétation, caractérisée par une faible luminance dans le visible et un pic de luminance dans le proche infrarouge,
- Les sols nus et les autres surfaces minérales, caractérisés par une luminance qui augmente depuis les courtes vers les grandes longueurs d'onde et un pic de luminance dans l'infrarouge à ondes courtes (figure 48).

: Courbes de réflectance des principaux éléments (source, Calloz)

Deux caractéristiques des milieux étudiés rendent ici les interprétations assez complexes : d'une part le caractère littoral, notamment par la présence de vasières (Mougenot *et al.*, 1990) ; d'autre part les particularités du milieu tropical semi-aride, surtout pour les milieux de terre ferme. Les courbes radiométriques déduites de l'analyse des images satellite diffèrent, pour cela, fortement des courbes de réflectance classiques. Ainsi, l'eau souvent turbide peut-elle présenter des luminances nettement supérieures à ce qui apparaît sur le graphique ci-dessus. La végétation, souvent ouverte et soumise au stress hydrique, ne présente ni une telle réflectance dans le PIR ni un creux aussi marqué dans le SWIR.

Les courbes des 5 types d'occupation du sol retenues pourraient être schématisées ainsi : (figure 49)

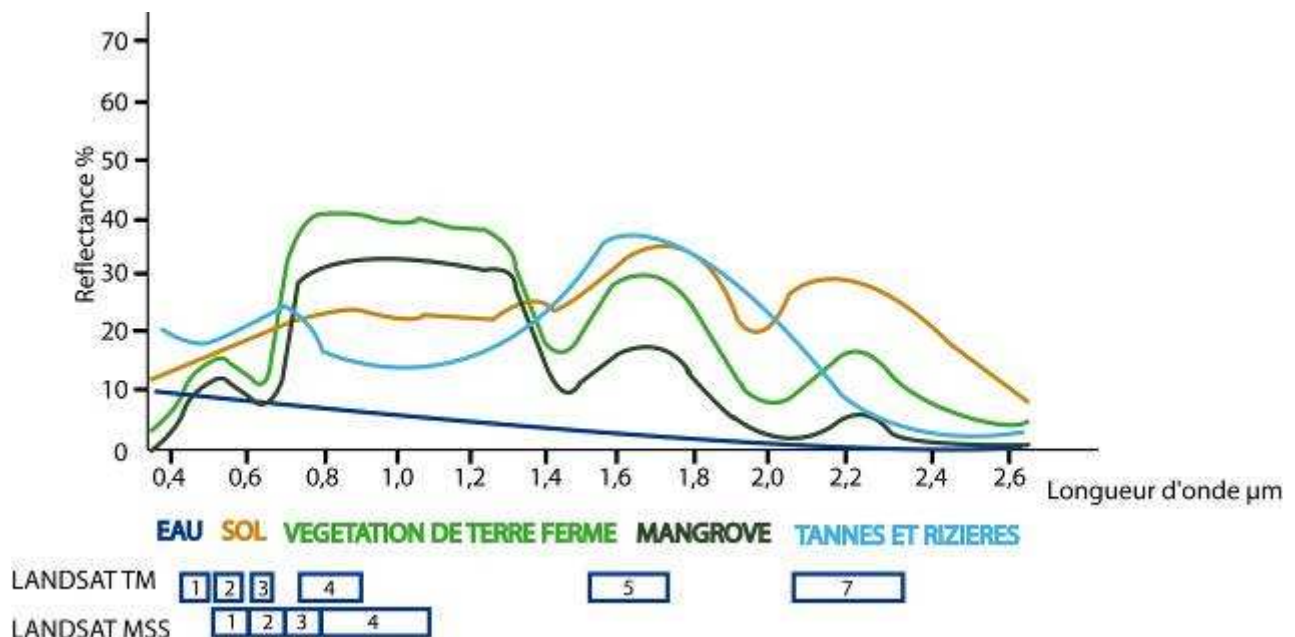


Figure 49 : Courbes de réflectance des 5 principaux types d'occupation du sol (source, Calloz modifié)

La figure 49 montre que si les risques de confusion entre les classes sont importants, il est tout de même possible de définir des clés de lecture pour les distinguer. Ainsi :

- L'eau connaît une courbe décroissante avec une pente significative entre TM3 et TM4.
- La mangrove est caractérisée par une réflectance moyenne sur TM1, faible sur TM2 et TM3, un faible pic de réflectance sur TM4 et une réflectance faible sur TM7.



- Les tannes secs sont caractérisés par une réflectance globalement forte, particulièrement dans le visible et le SWIR ; les tannes inondés sont caractérisés par une courbe décroissante légèrement supérieure à celle de l'eau, avec une faible pente entre TM3 et TM4 et une luminance égale ou très légèrement supérieure sur TM5 à celle sur TM4.
- Les boisements de terre ferme sont caractérisés par une réflectance moyenne dans le visible et, soit un pic dans le PIR (TM4), soit un plateau entre TM4 et TM5, ainsi qu'une réflectance moyenne ou forte dans TM7.
- Les espaces non ou peu boisés de terre ferme sont caractérisés par une courbe croissante de TM1 à TM5 et une réflectance moyenne à forte sur TM7.

### **Nomenclature détaillée de l'occupation du sol**

La distinction entre les quatre types de paysages rencontrés en mangrove est ardue : Rives à *Rh. racemosa*, forêt à *Rh. mangle*, formations mixtes buissonnantes et formations dépérissantes constituent une typologie qui ne peut pas être retrouvée sur l'image. La différence entre la rive et les parties les plus denses des formations à *Rhizophora mangle* est purement botanique et ne peut être décelée. Il en va de même entre les parties les plus basses et ouvertes de ces dernières et les parties les plus denses des formations buissonnantes. Les quatre éléments de paysages de mangrove seront ramenés à trois classes d'occupation du sol plus générales : formations hautes et denses (dominance de *Rhizophora sp.*) formations basses et ouvertes (mixtes ou dominantes d'*Avicennia africana*) et les formations dépérissantes. Elles se différencient entre elles par une gradation dans l'importance de l'activité chlorophyllienne. L'importance du pic de luminance dans TM4 peut donc être considérée comme un critère fiable pour distinguer ces trois classes.

En revanche, la distinction entre tannes et rizières de mangrove ne pouvant être assurée par aucun critère à partir de telles images à de telles dates, cette distinction totale, et fiable, est donc impossible. Les étendues de vases des rizières de mangrove ou des tannes présentent une trop grande similarité physique pour être distinguées par l'analyse radiométriques. Si les rizières de la limite entre terre ferme et mangrove possèdent une signature remarquable par les chaumes du riz, des sols assez humides... cela n'est pas le cas des rizières de mangroves basses et non végétalisées en saison sèche. Seules des images à meilleure résolution spatiale permettraient de distinguer les digues, ou des prises de vue à la saison de croissance du riz permettraient leur distinction radiométrique à la saison sèche.

En terre ferme, un certain nombre de distinctions sont également difficiles par la simple analyse radiométrique. Cependant, la distinction entre espaces non boisés et espaces peu boisés s'effectue sans trop de difficulté par l'analyse de la pente des courbes radiométriques entre TM4 et TM5. Cette pente est plus importante dans les espaces non boisés

Enfin, les distinctions des types de paysages boisés de terre ferme, basées sur des notions de strates, ne peuvent être détectées sur les images utilisées présentement. Une typologie beaucoup plus simple s'appuyant sur des critères robustes doit donc être mise en place. On propose de se limiter à quatre classes d'occupation du sol fondées sur la densité du couvert ligneux, qui seront interprétées en fonction de la pente entre TM3 et TM4 (pente forte : boisement dense, pente très forte : boisement très dense) et de la pente entre TM4 et TM5 (pente faiblement négative : boisement ouvert, pente légèrement positive : boisement très ouvert).

Les courbes radiométriques correspondant aux trois classes de formations boisées de mangrove et aux quatre classes de formations boisées de terre ferme seront examinées par une confrontation aux données de terrains.

#### **De la nomenclature des paysages à la classification multispectrale (3.1.2)**

On retiendra cinq thèmes pour la nomenclature des grands types de paysages, laquelle pourra être utilisée pour interpréter les classifications à toutes les dates et à toutes les scènes :

- L'eau,
- Les mangroves,
- Les tannes et rizières de mangrove,

- Les espaces peu ou pas boisés de terre ferme,
- Les boisements de terre ferme.

On retiendra onze thèmes pour la nomenclature des formations végétales, pour interpréter les scènes du début des années 2000 :

- Mangroves hautes et denses à *Rhizophora*,
- Mangroves basses et ouvertes à *Avicennia*,
- Arrière-mangroves dégradées,
- Tannes et Rizières de mangrove,
- Sols nus (et espaces bâtis),
- Espaces très faiblement végétalisés,
- Boisements de terre ferme très denses,
- Boisements de terre ferme denses,
- Boisements de terre ferme ouverts,
- Boisements de terre ferme très ouverts.

### 3.1.3. Chaîne de traitements pour la détection des espaces boisés des vasières et de la terre ferme

La cartographie de l'occupation du sol nécessite d'effectuer une série de pré-traitements (3.1.3.1) préalables à une première classification non dirigée des images. Il convient d'interpréter ces classes en fonction de la typologie prédéfinie par regroupement (3.1.3.2). Une étape de vérification – correction s'appuie sur une reclassification (3.1.3.3) (figure 50).

#### 3.1.3.1. Pré traitements

Pour mener à bien une analyse diachronique d'images de télédétection qui puisse être vectorisée et exportée dans une base de données S.I.G., il est nécessaire que toutes les images présentent le même géoréférencement ; il est également nécessaire que les images soient composées d'un nombre similaire de pixels en lignes et en colonnes.

#### *Découpage en sous-scènes*

On a défini les polygones de zones communes aux trois dates. Une fois les vecteurs correspondant aux limites des sous scènes dessinés, il s'agit de procéder à une extraction des pixels inclus dans ce polygone pour chacune des prises de vue. Ce processus permet d'obtenir des images couvrant des portions de même taille de l'espace géographique. Cependant elles ne peuvent pas encore faire l'objet d'analyses diachroniques car elles ne possèdent pas le même nombre de pixels.

#### *Ré-échantillonnage des sous-scènes*

L'étape suivante de préparation des images est un ré-échantillonnage. Les images LANDSAT TM et ETM+ possèdent la même résolution spatiale, qui est de 28,5 m. Les images MSS orthoréctifiées disponibles sur le site du GLCF possèdent un pixel d'une résolution plus faible : 57 mètres. Le ré-échantillonnage consiste en un calcul de valeurs de pixels d'une taille donnée à partir des valeurs des pixels d'une image d'origine. Deux choix s'offrent à nous : ré-échantillonner l'image MSS pour lui donner (en apparence du moins) la résolution des images TM et ETM+, ou ré-échantillonner les images TM et ETM+ pour leur donner la résolution plus faible des images MSS. Subdiviser un pixel n'apporte aucune information supplémentaire et prétendre augmenter la résolution de l'image MSS est évidemment une illusion. Cependant, il faut tenir compte ici de l'importance pour cette étude des analyses diachroniques entre images TM et ETM+ car elles décrivent les changements les plus récents. Or, si l'on ré-échantillonne les images TM et ETM+ à la résolution MSS, ces analyses perdront une partie de la finesse qu'elles peuvent offrir.

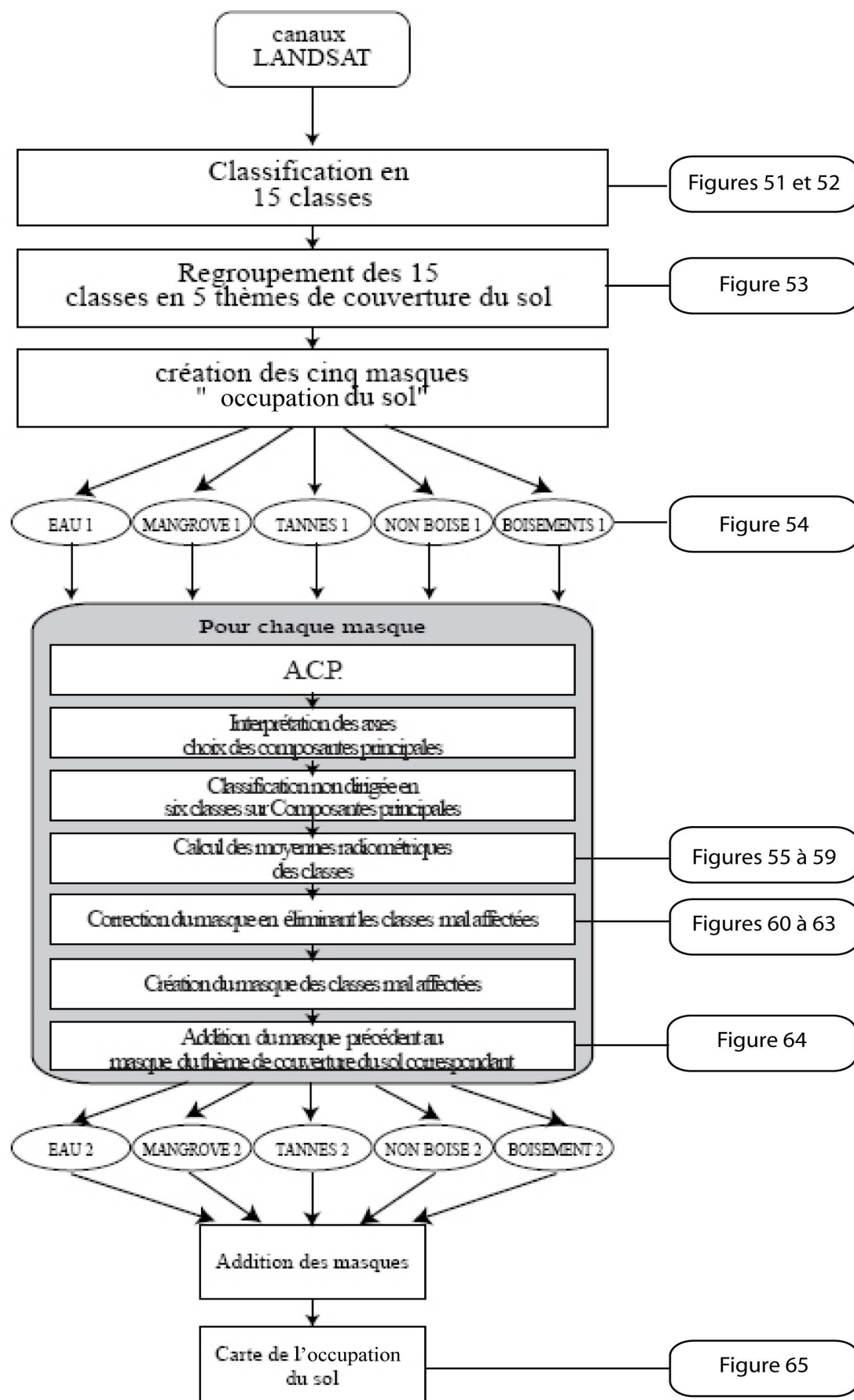


Figure 50 : Organigramme du traitement d'image pour la carte d'occupation du sol

Dans cette mesure, il semble préférable de ré-échantillonner les seize sous scènes MSS pour leur attribuer le nombre de pixels de TM et ETM+, malgré le caractère artificiel de la mise en conformité de l'image MSS à une résolution plus fine.

### 3.1.3.2. Méthodes de classification de l'occupation du sol par les boisements

#### *Description de la méthode*

Pour chacune des images, la première étape de l'analyse est donc une classification non dirigée de l'ensemble des canaux de l'image satellite. On procède à une classification, en quinze classes, des pixels par la méthode des Nuées Dynamiques (Diday, 1974). On obtient, d'une part, une image en quinze classes (figure 51), d'autre part, des statistiques radiométriques pour chacune de ces classes, sous la forme de courbes de la moyenne radiométrique (figure 52).

Il s'agit alors d'utiliser ces courbes pour interpréter les classes résultantes. Les courbes radiométriques sont analysées une par une, de sorte à mettre en correspondance chaque classe radiométrique avec l'une des cinq classes de la nomenclature prédéfinie. La lecture des courbes radiométriques doit être reproductible ; comme nous l'avons vu plus haut, ceci n'est possible que parce que la nomenclature est simple. Il s'agit de déterminer si la classe appartient au domaine marin, au domaine des vasières ou au domaine de la terre ferme et, au sein du domaine des vasières et celui de la terre ferme, si la surface correspondante est boisée ou non. Une fois qu'une des cinq classes de la nomenclature a été attribuée aux quinze classes radiométriques, celles-ci sont regroupées pour constituer une carte en cinq classes (figure 53).

A la question de savoir si cette étape est objective, deux aspects doivent être soulignés : d'une part, les données radiométriques restent être le seul critère de détermination des états de surface, d'autre part, l'analyse se fait selon une procédure identique avec des critères de lecture des courbes radiométriques communs à toutes les analyses.

Nous procédons ensuite à la création de cinq images binaires correspondant à chacune des classes, que l'on appellera « masques » par la suite.

La sous-scène LANDSAT couvrant la Basse-Casamance en 2000 va servir d'exemple pour illustrer les étapes intermédiaires du traitement d'images et détailler l'interprétation des courbes radiométriques.

Sur la figure 52, la courbe radiométrique de la classe 3, décroissant du visible à l'infrarouge à ondes courtes (TM7), caractérise l'eau profonde. Les classes 6 et 12 représentées par des courbes de forme similaire, avec des valeurs moyennes de luminance plus importantes que celles de la classe 1, caractérisent des eaux peu profondes appartenant au domaine infratidal ou des tannes particulièrement inondés. La classe 13, caractérisée par un faible pic luminance sur TM4 et par une faible luminance sur TM5 et TM7, semble correspondre à la mangrove. Les classes 8, 9 et 14 ont en commun un double pic de luminance en TM3 et TM5, ce qui caractérise le comportement radiométrique des tannes. La classe 4 ne montre que le premier pic mais possède une faible luminance sur TM5 et TM7, tandis que la classe 1, avec une pente régulière mais très faible entre TM3 et TM4 correspond au troisième type de courbes identifiables aux tannes. Toutes ces classes se distinguent entre elles par la valeur de luminance sur TM5 et TM7, qui varie en fonction de l'humidité des sols et selon l'emplacement dans l'estran. Elles seront regroupées dans la classe « tannes et rizières de mangrove ». On obtient ainsi la carte provisoire de l'occupation du sol (figure 53).



N : 1442413.500

E : 301758.000

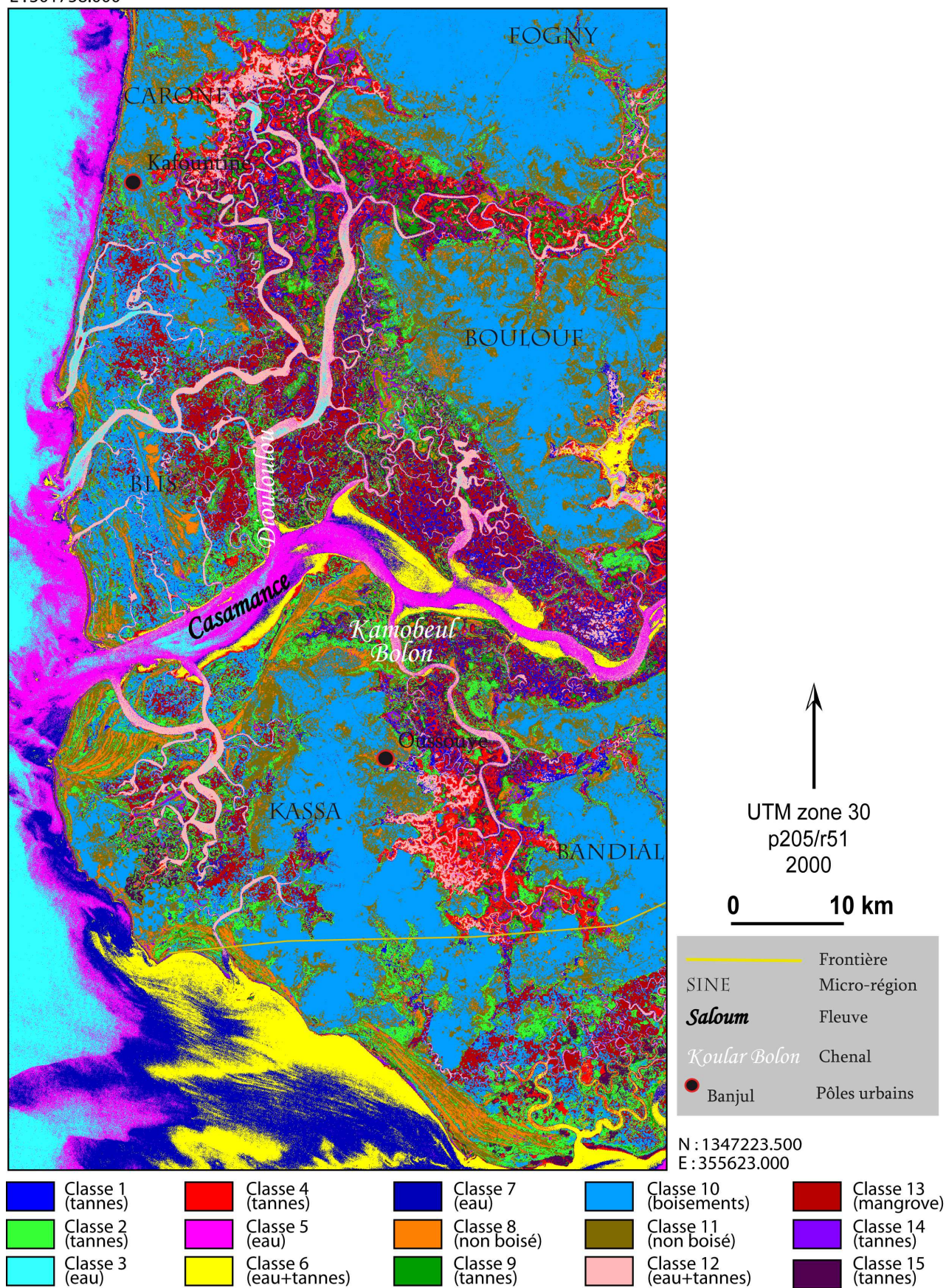


Figure 51 : Classification non dirigée en quinze classes de la Basse-Casamance (2000)



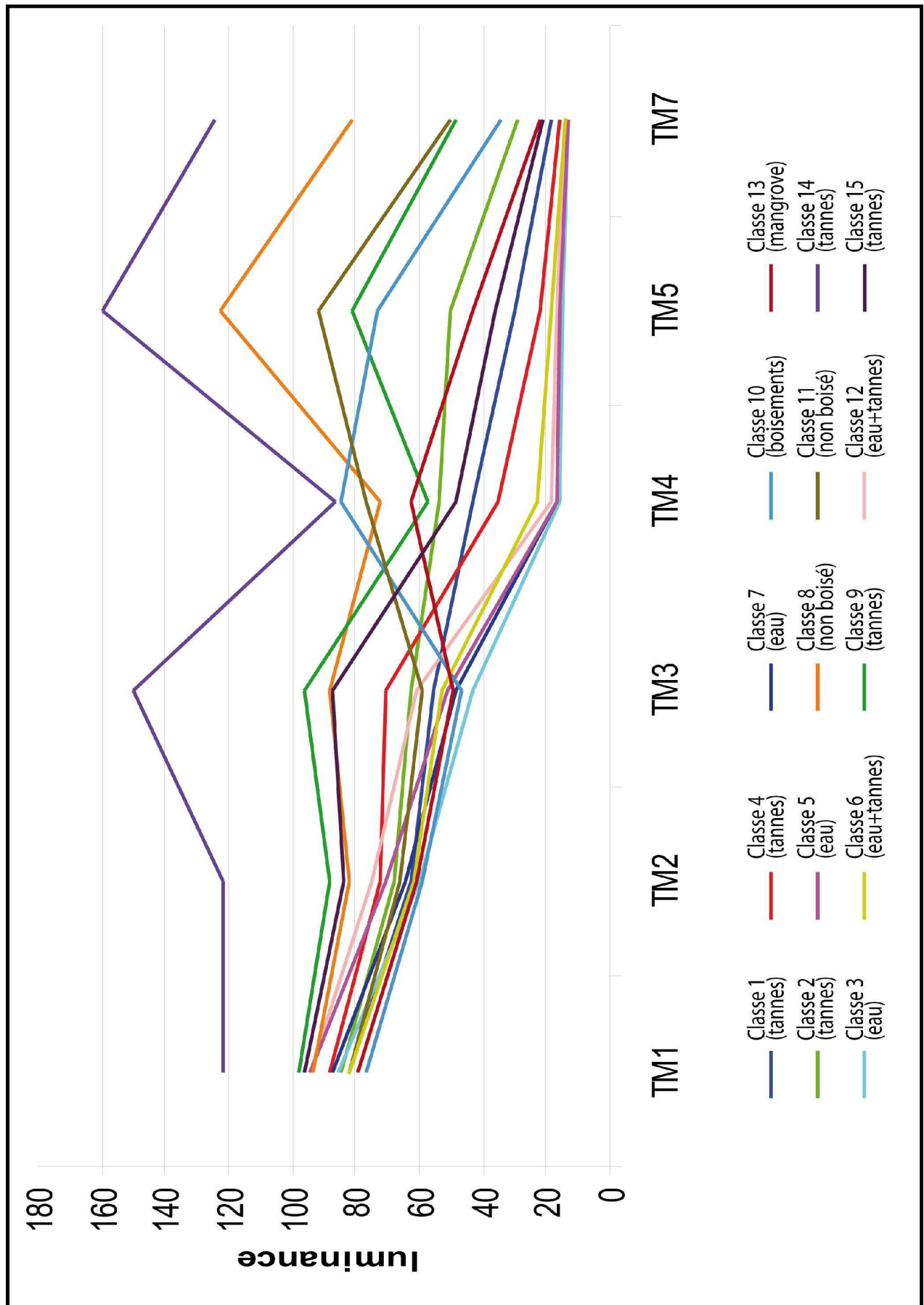


Figure 52 : Courbes des moyennes radiométriques (Basse-Casamance, 2000)

N : 1442413.500  
E : 301758.000

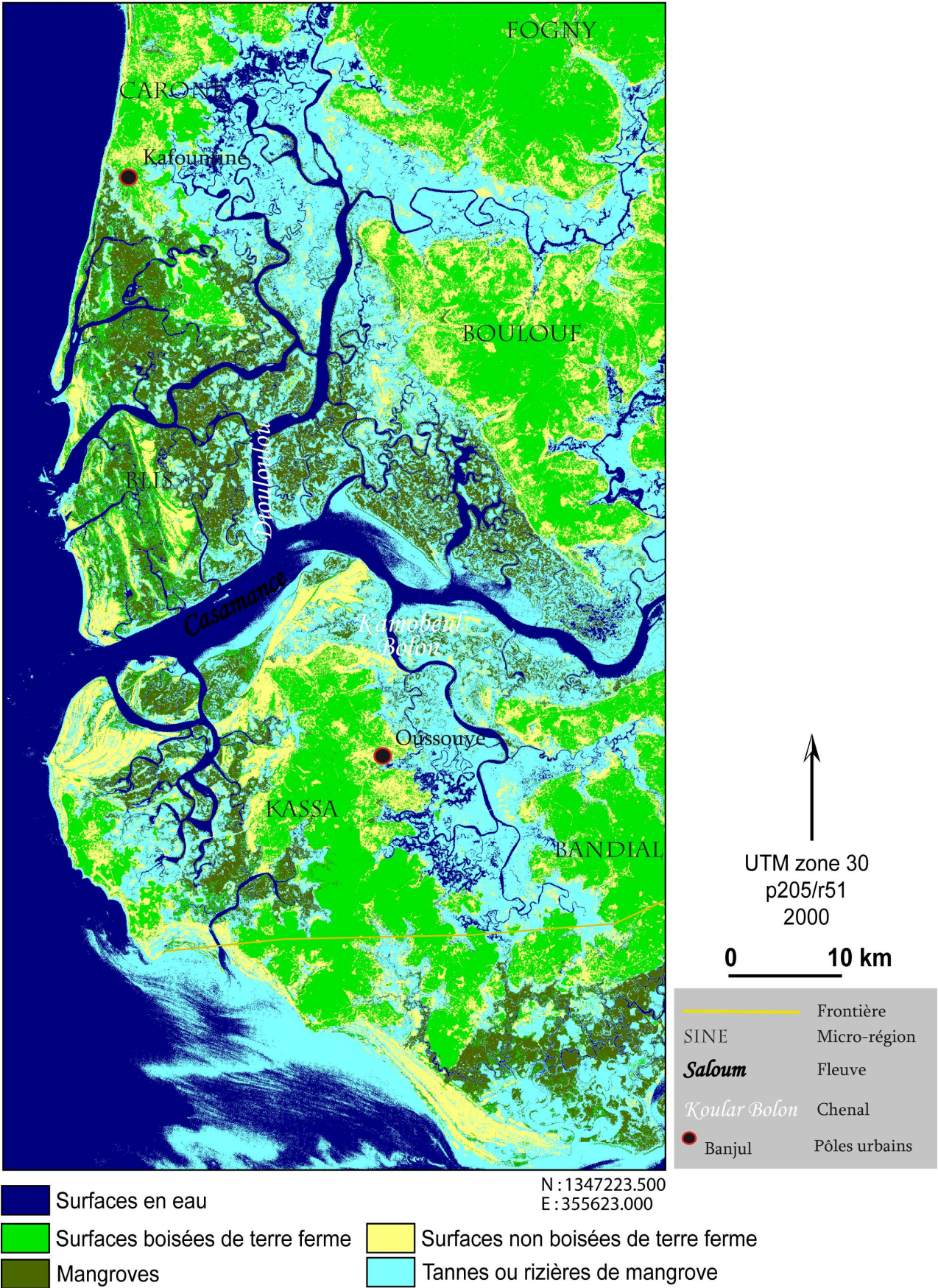


Figure 53 : Regroupement des quinze classes en en cinq types d'occupation du sol (Basse-Casamance, 2000)



La classe 8, montrant un pic de luminance sur TM5, semble correspondre aux espaces pas ou peu boisés de terre ferme. La classe 10, pour laquelle on observe un pic de luminance dans le proche infrarouge (TM4), s'interprète comme des boisements de terre ferme.

Ces cinq classes permettent de produire cinq images binaires, lesquelles seront utilisées comme autant de masques dans les étapes suivantes. Ainsi, la figure 54 illustre le masque des boisements de terre ferme.

### 3.1.3.3. Vérification et correction de la classification

#### *Méthode*

Pour chacune des classes créées par regroupements, il s'agit d'effectuer une vérification tant de l'homogénéité des classes de la première classification que de leur interprétation et du regroupement. Une correction est effectuée si une classe se révèle hétérogène en ce qu'elle comprend des types d'occupation du sol différents selon la nomenclature (figure 50).

#### *Analyse en Composantes Principales*

Une Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) est calculée sur les six canaux au sein de chaque masque. Les trois premières composantes principales sont utilisées pour une classification des pixels en six classes par la méthode des Nuées Dynamiques. Cette classification offre un plus grand niveau de précision et permet ainsi de vérifier l'homogénéité du comportement radiométrique au sein de la classe. Les classes obtenues par la classification des néo-canaux sont ensuite analysées par le biais de leur courbe radiométrique moyenne (figures 55 à 59). Les valeurs radiométriques des classes sont alors réinterprétées, toujours selon les critères donnés ci-dessus (3.1.2.4) pour déterminer si celles-ci correspondent bien à cette classe de la nomenclature. Les figures 60 à 64 illustrent l'ensemble des corrections apportées lors de cette étape.

#### *Vérification*

Si les six courbes présentent des profils significativement similaires, la classe, considérée comme homogène ne sera pas subdivisée. Si une courbe se distingue significativement des autres courbes ou si deux ensembles de courbes apparaissent, on s'interroge sur le caractère significatif de cette distinction au regard de l'occupation des sols.

Par exemple, si l'on examine les six classes du masque « tannes et rizières de mangrove », il est très probable que des courbes très différentes apparaissent, sans pour autant que celles-ci, correspondent pour autant au nombre de classes distinctes que l'on veut représenter sur la carte de l'occupation du sol mais seulement à différents niveaux de profondeur de l'eau. Cependant, si l'une des courbes présente une plus grande réflectance sur TM4 que celle de TM3, il est probable que ces pixels correspondent à de la mangrove ouverte qui a été classée en tannes sur la classification de l'image totale mais qui doivent être intégrés à la classe mangrove dans la carte finale de l'occupation du sol.

Si au sein des 15 classes de la première classification, deux types d'occupation du sol sont totalement englobés dans une même classe, seuls 4 masques sont alors analysés dont un qui doit être subdivisé conformément à la nomenclature. L'analyse des classes au sein d'un tel masque tout en visant la distinction de ces deux types d'occupation du sol doit s'assurer que les six courbes correspondent à un des deux thèmes. Si l'une des six classes apparaît distincte des autres classes et qu'elle correspond à un autre type d'occupation du sol déjà mis en évidence par la classification initiale, on affecte les pixels correspondant à l'autre masque. Les corrections mènent à la carte définitive de l'occupation du sol (figure 65).

#### *Étude de l'homogénéité des cinq classes*

Les figures 55 à 59 montrent l'analyse des classifications au sein des cinq masques.



N : 1442413.500

E : 301758.000

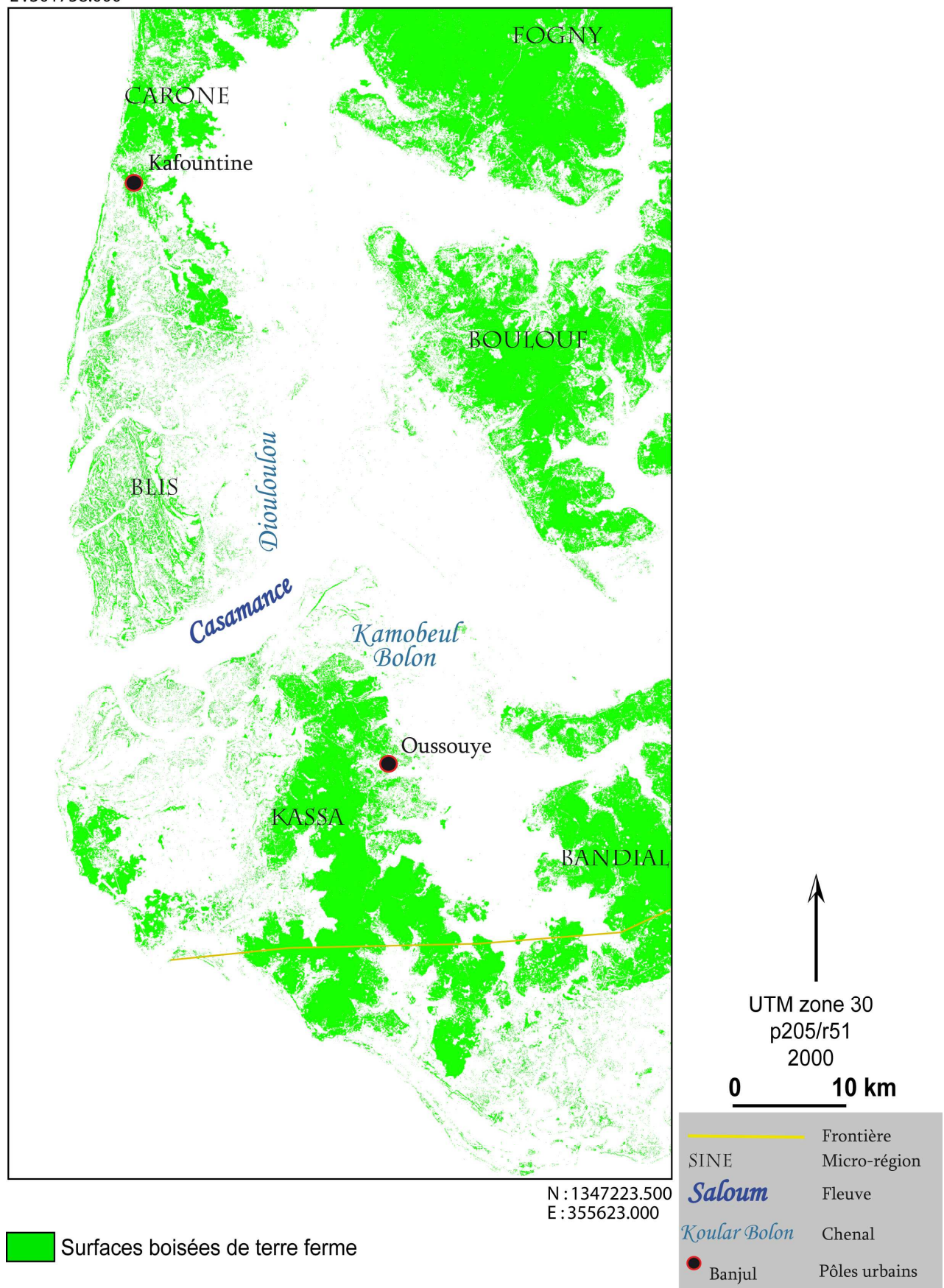


Figure 54 : Masque des boisements de terre ferme (Basse-Casamance, 2000)

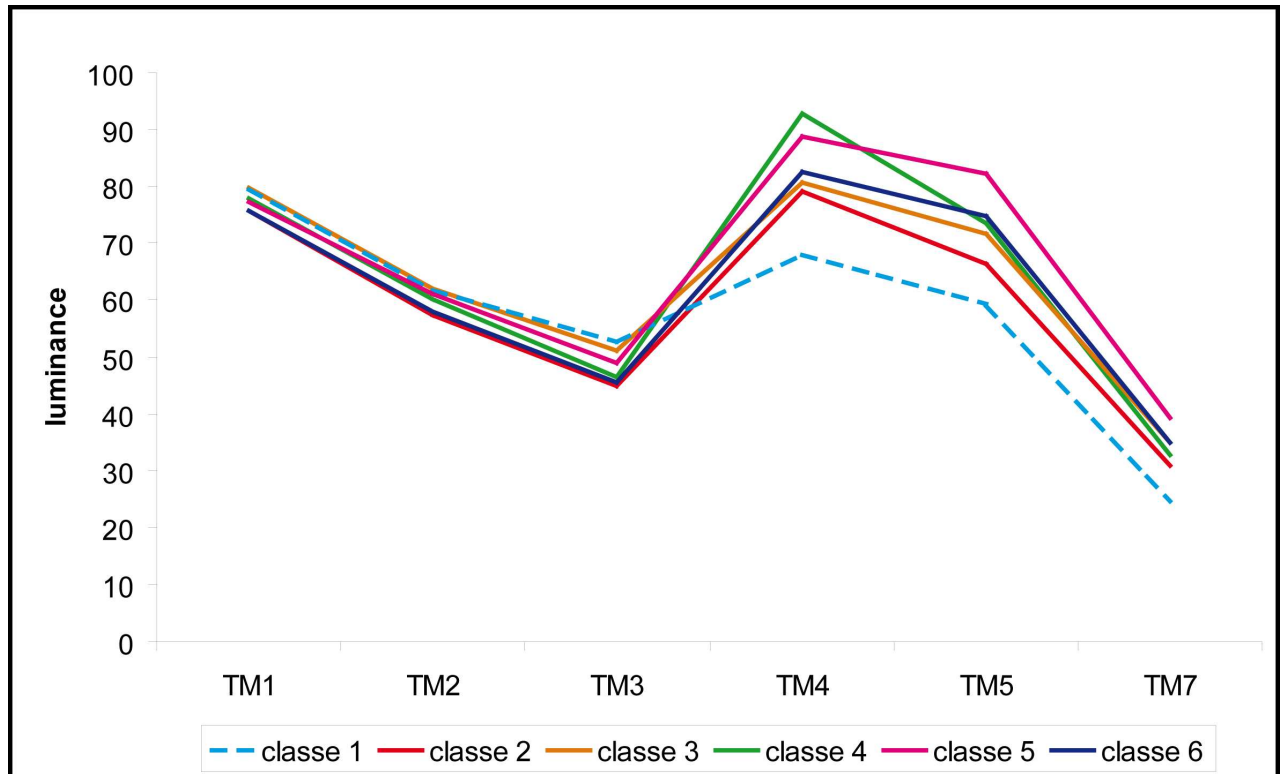


Figure 55 : Courbes de moyennes radiométriques au sein du masque des boisements (Basse-Casamance, 2000)

La classe 1 présente un léger pic sur TM4 et des valeurs de luminance dans TM5 et TM7 sensiblement plus faibles que celles des autres classes. Ces caractéristiques sont plutôt celles de la mangrove que celles des boisements de terre ferme. Les pixels correspondant seront donc affectés à la classe des mangroves. La courbe radiométrique de la classe 4 présente une pente très faible entre TM3 et TM4. Il s'agit certainement de tannes inondés et non de surfaces en eau (figure 55).

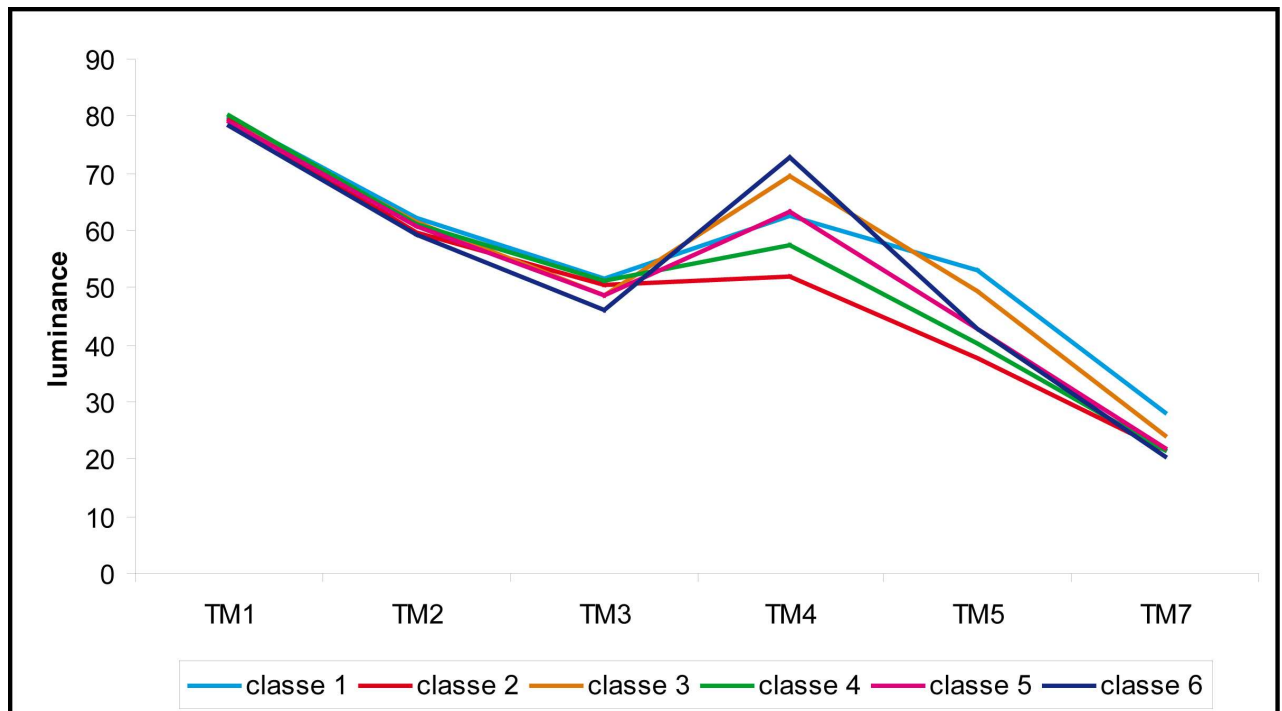
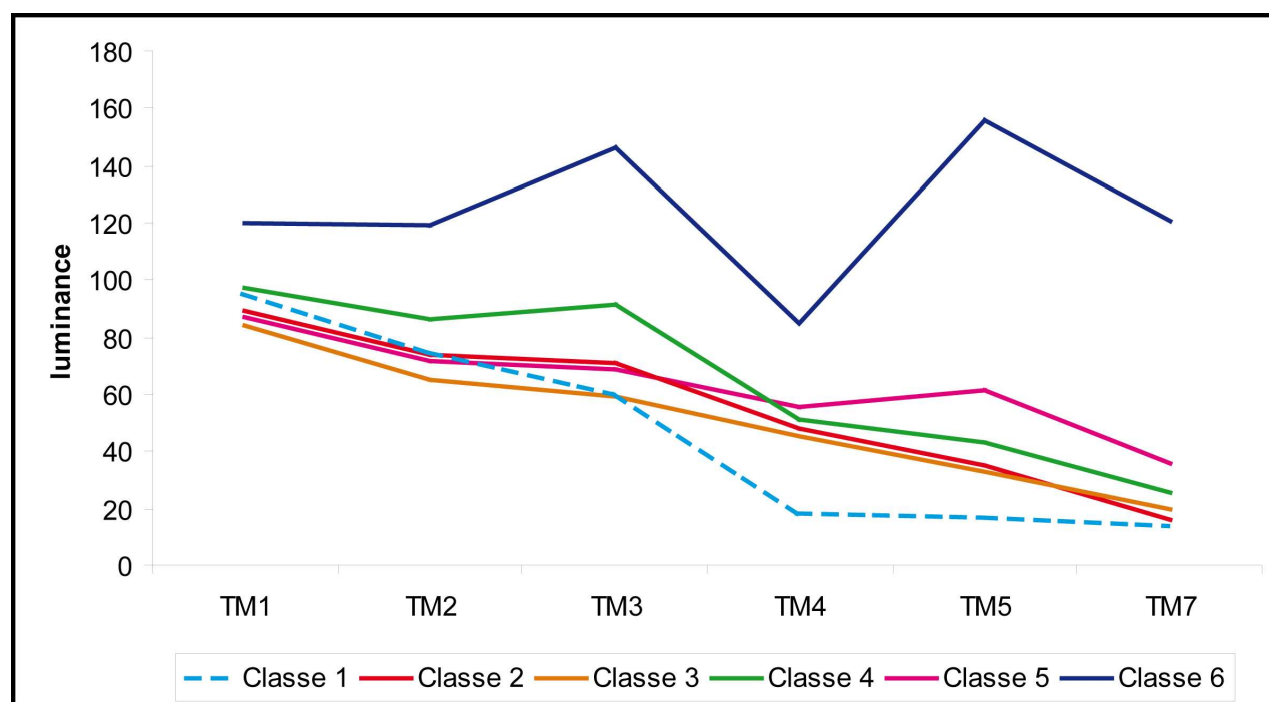


Figure 56 : Courbes de moyennes radiométriques au sein du masque des mangroves (Basse-Casamance, 2000)

Les six classes présentent toutes les caractéristiques radiométriques de la mangrove, à savoir une valeur moyenne de luminance supérieure sur TM4 à celles de TM3, et une faible luminance moyenne sur

TM5 et 7. Notons la particularité de la classe 1, qui par son plateau entre TM4 et TM5, peut être identifiée comme une mangrove très ouverte et probablement dépérissante (figure 56).



**Figure 57 : Courbes de moyennes radiométriques au sein du masque des tannes et rizières (Basse-Casamance, 2000)**

Tout d'abord, rappelons ici que la classe, comprend une forte hétérogénéité d'états de surfaces. Premièrement, elle englobe les rizières de mangrove et les tannes, bien que l'on ait annoncé une faible distinction entre celles-ci et des tannes de même altitude et de même humidité. Deuxièmement, elle comprend les tannes assez bas sur l'estran et, par conséquent, humides voire inondés, et les tannes hauts sur l'estran donc très secs. Troisièmement, une partie de celles-ci sont couvertes de sel, d'autres sont couvertes d'un tapis herbacé d'hydro-halophytes. Or, ces petites différences d'un point de vue de l'occupation du sol créant de grandes différences radiométriques, ce masque est donc par nature hétérogène. On n'examine donc pas l'homogénéité du masque mais la correspondance des six classes à un type de tannes ou de rizières de mangrove. Or, si les classes 2 à 6 sont cinq profils de tannes ou de rizières de mangrove, la classe 1 présente des valeurs de luminance très faibles sur TM3 et TM5. Il s'agit donc de surfaces infratidales totalement inondées, qui doivent être reclassées en eau. La classe 1 présente des valeurs de luminance assez faibles sur TM5 et sur TM7. Il s'agit donc de tannes ou de rizières partiellement inondées (figure 57). Elle sera affectée au masque « tannes et rizières de mangrove »

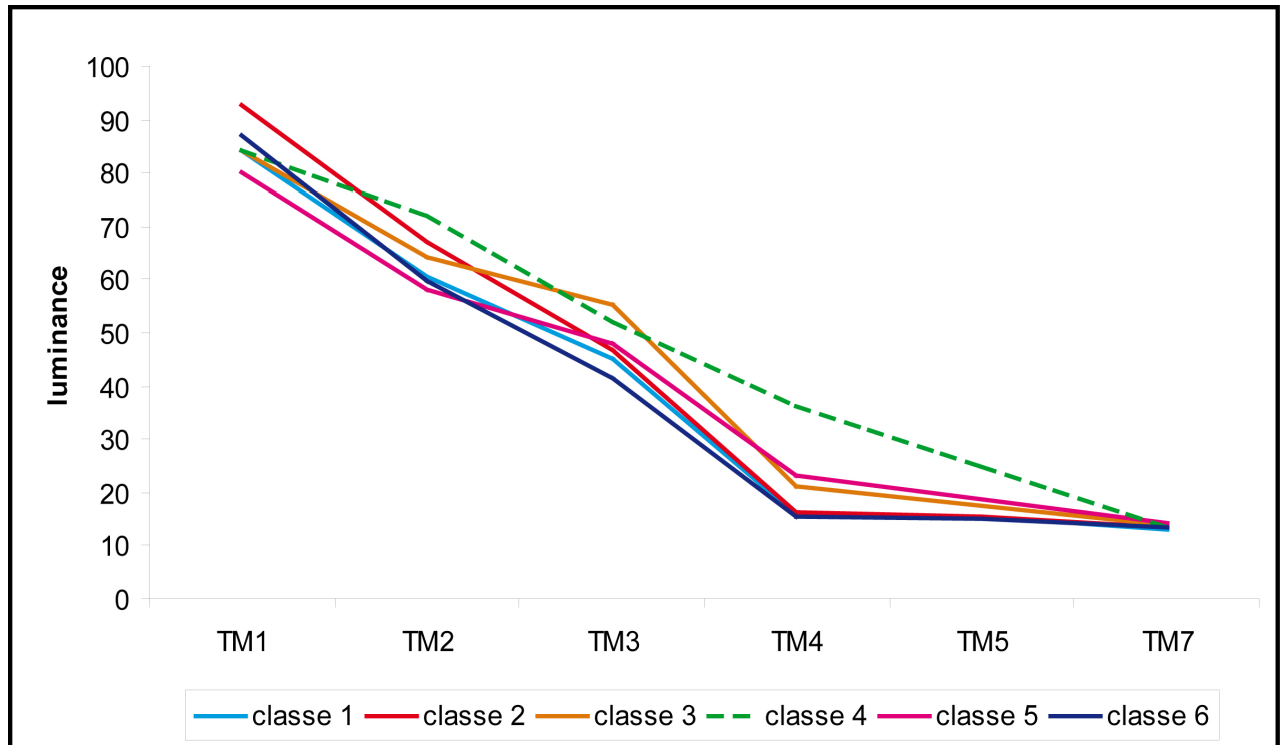


Figure 58 : Courbes de moyennes radiométriques au sein du masque de l'eau (Basse-Casamance, 2000)

La courbe radiométrique de la classe 4 présente une pente très faible entre TM3 et TM4. Il s'agit certainement de tannes inondés et non de surfaces en eau (figure 58).

La classe 1 présente des valeurs de luminance assez faibles sur TM5 et sur TM7. Il s'agit donc de tannes ou de rizières partiellement inondées (figure 59). Elle sera affectée au masque « tannes et rizières de mangrove »

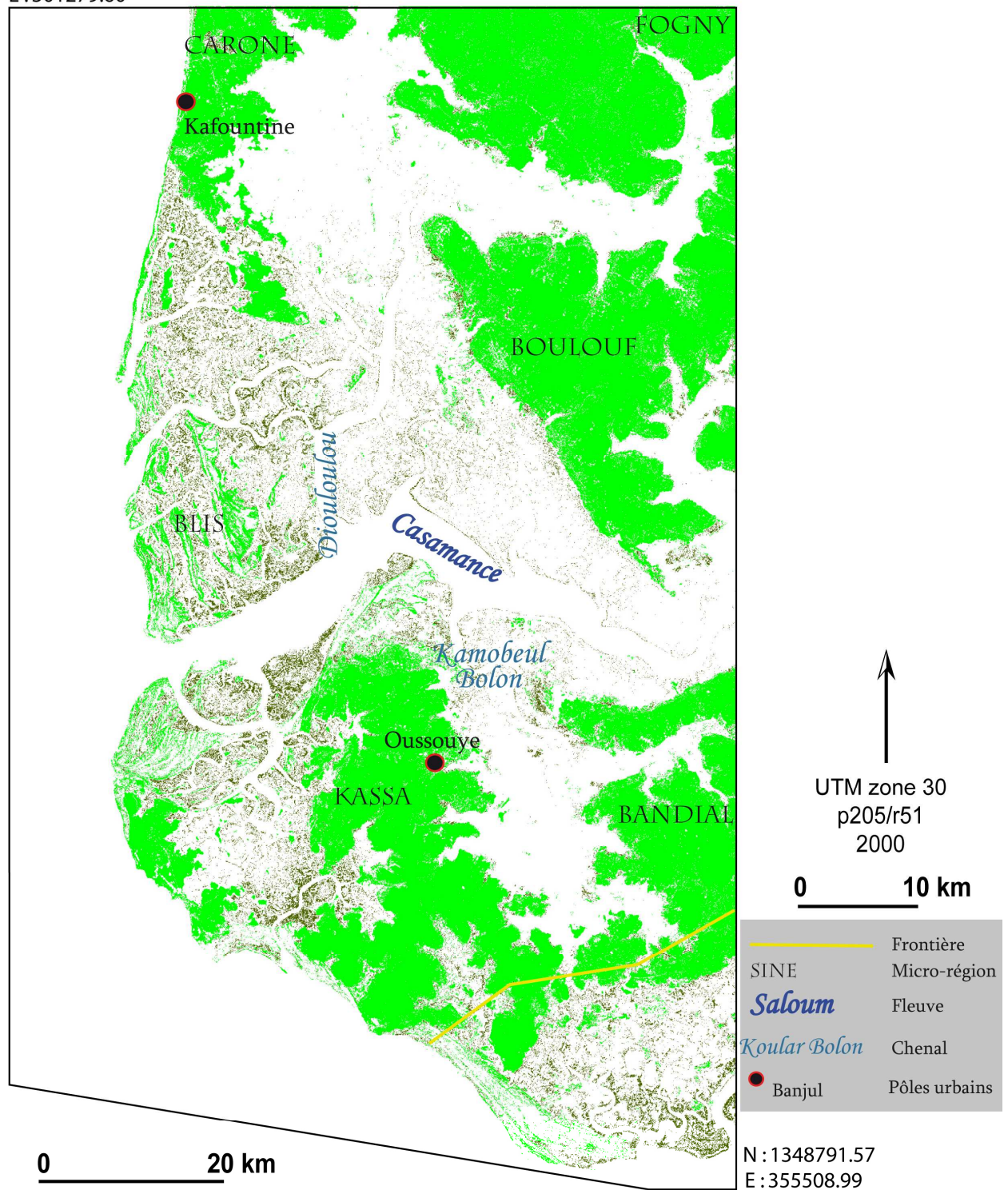


Figure 59 : Courbes de moyennes radiométriques au sein du masque des espaces non boisés de terre ferme (Basse-Casamance, 2000)



N : 1442803.69

E : 301279.60

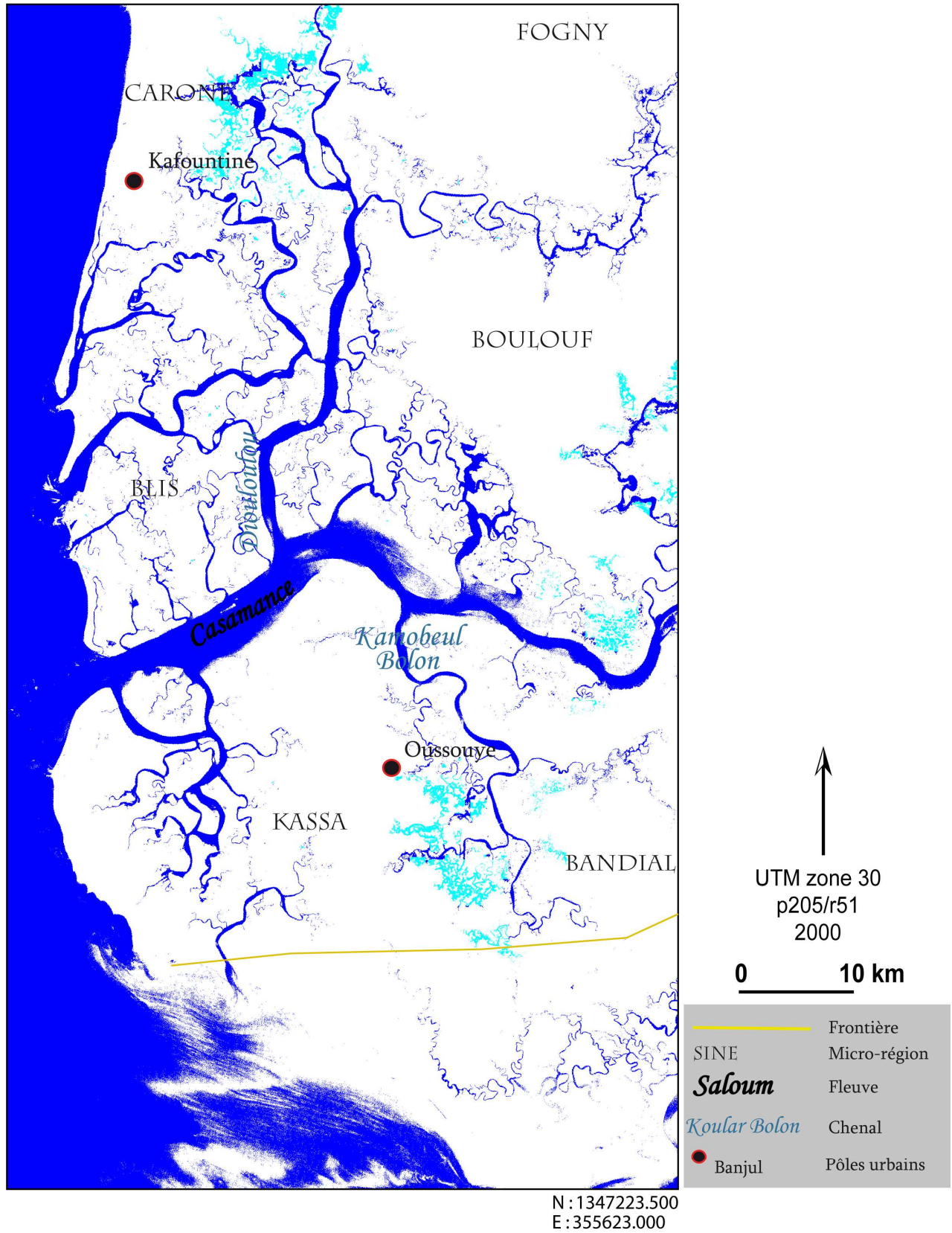


Surfaces en boisements de terre ferme (classes 2, 3, 4, 5 et 6)

Surface en mangrove dans le masque des boisements de terre ferme (classe 1)

Figure 60 : Correction du masque des boisements de terre ferme par soustraction de la classe 1

N:1442413.500  
E:301758.000



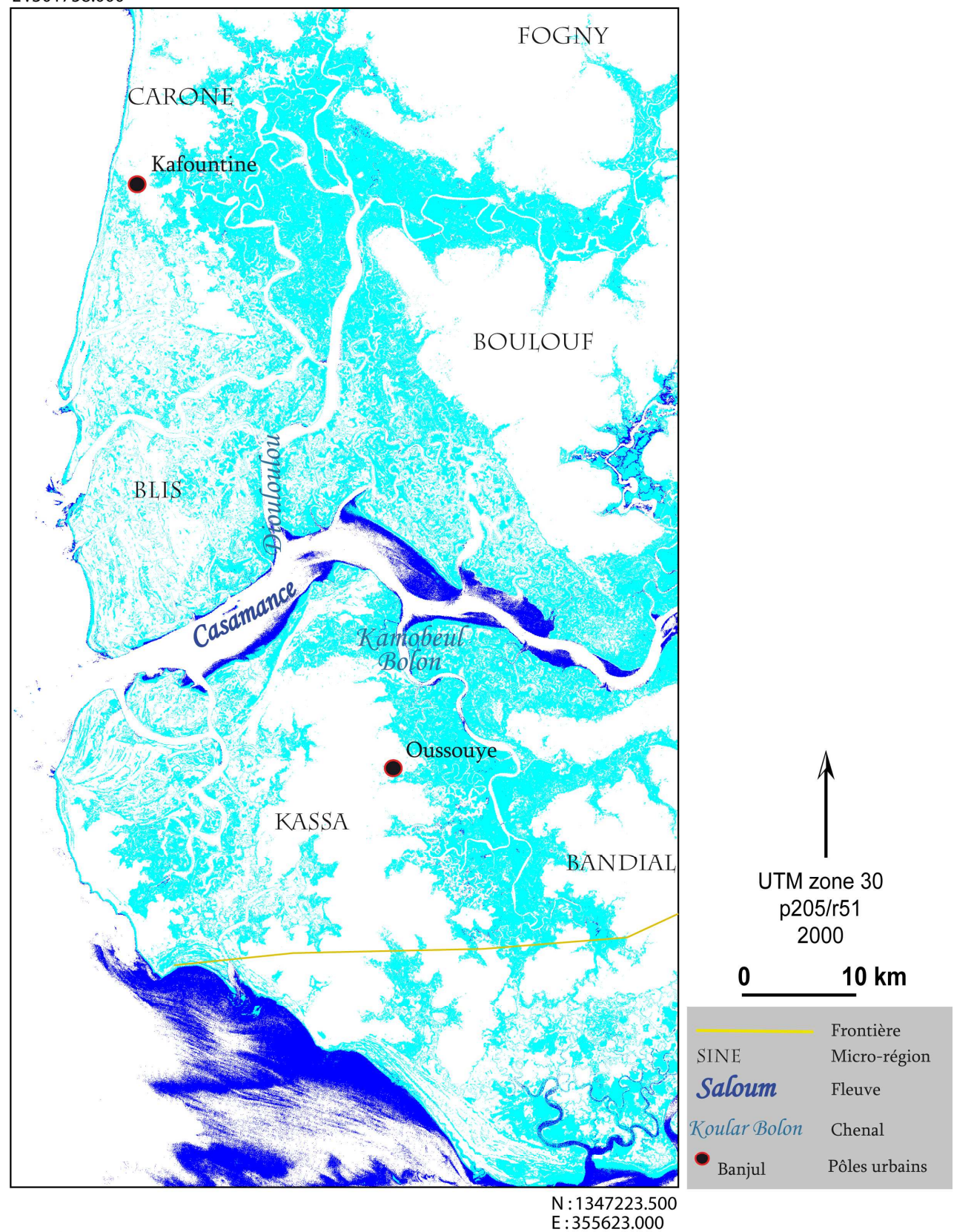
- Surfaces en eau (classes 1, 2, 3, 5 et 6)
- Surfaces en tannes ou rizières de mangrove dans le masque de l'eau (classe 4)

Figure 61 : Correction du masque des boisements de l'eau par soustraction de la classe 4



N : 1442413.500

E : 301758.000



Surfaces en tannes et rizières de mangrove (classes 2, 3, 4, 5 et 6)

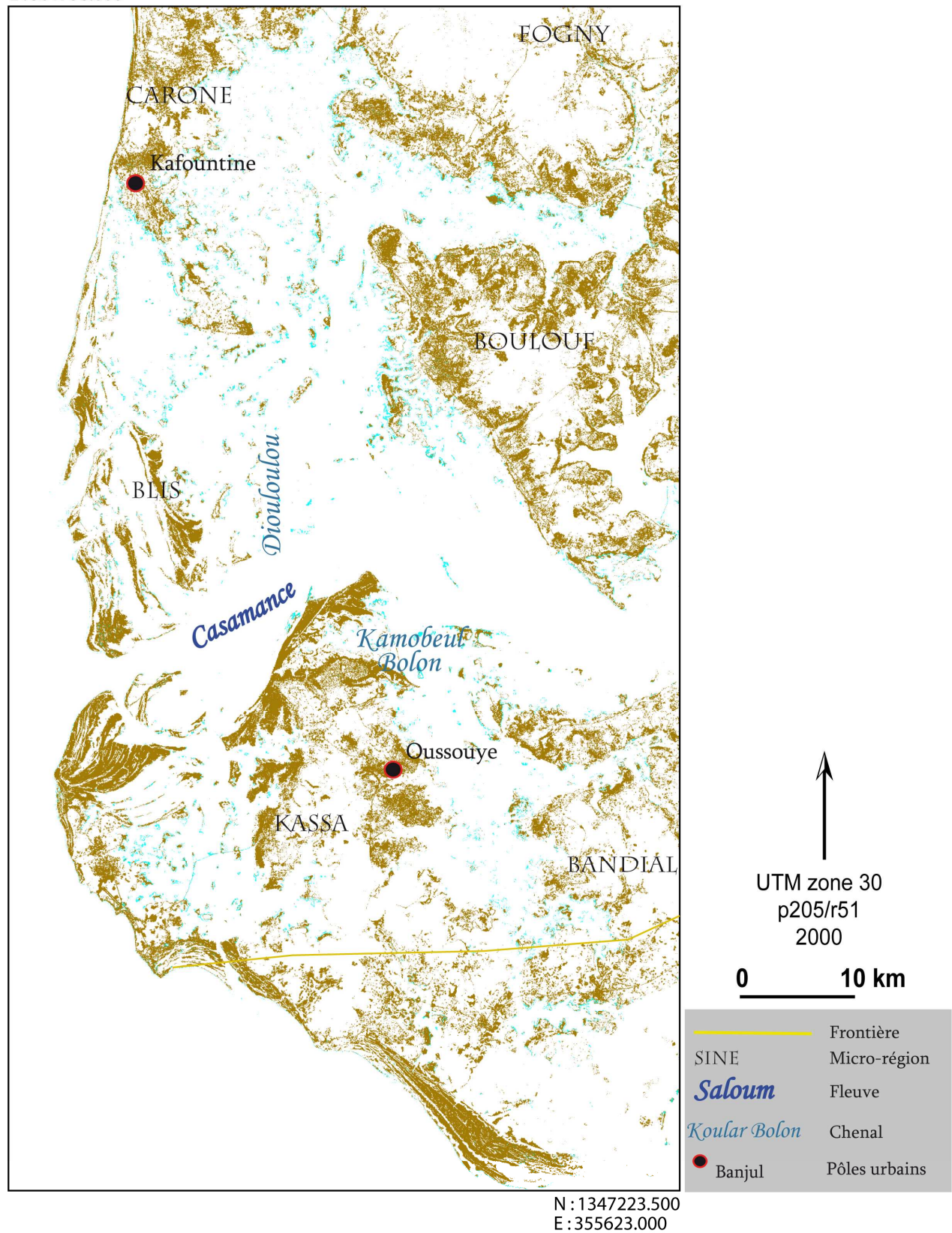
Surface en eau dans le masque des tannes et rizières de mangroves (classe 1)

Figure 62 : Correction du masque des tannes et rizières de mangrove par soustraction de la classe 1



N : 1442413.500

E : 301758.000



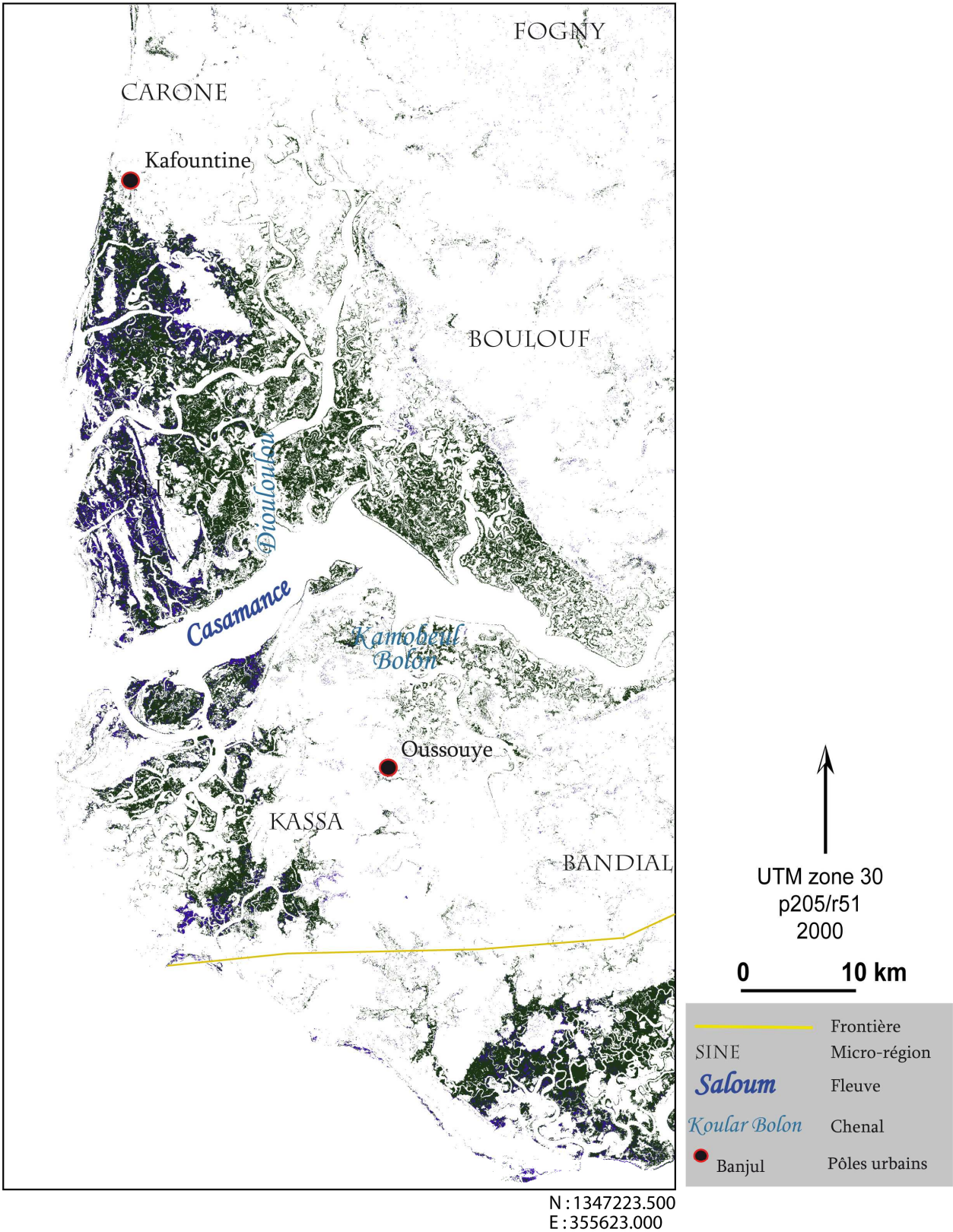
Surfaces non boisées de terre ferme (classes 2, 3, 4, 5 et 6)

Surfaces en tannes ou rizières de mangrove dans le masque des espaces non boisés de terre ferme (classe 1)

Figure 63 : Correction du masque des espaces non boisés de terre ferme par soustraction de la classe 1



N : 1442413.500  
E : 301758.000



- Surfaces de mangroves (classes 1, 2, 3, 4, 5 et 6)
- Surface en mangrove depuis le masque des boisements de terre ferme (classe 1)

Figure 64 : Correction du masque des mangroves par ajout de la classe 1 du masque des boisements de terre ferme



N : 1442413.500  
E : 301758.000

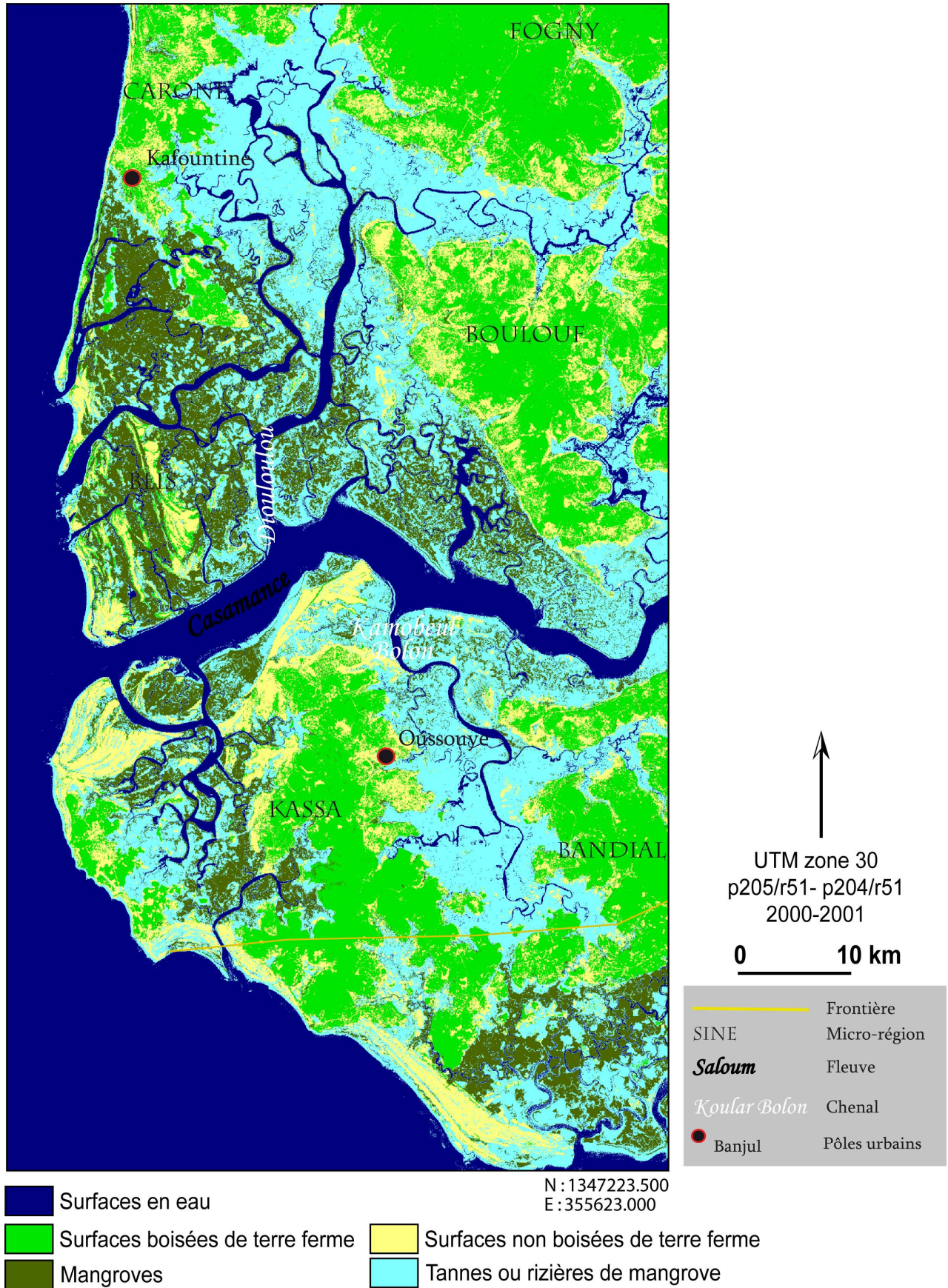


Figure 65 : Carte de l'occupation du sol au début des années 2000 de la Basse Casamance

### Chaîne de traitements pour le détection des espaces boisés des vasières et de la terre ferme (3.1.3)

La chaîne de traitement peut se résumer ainsi :

- classification non dirigée de toutes les images à quinze classes.
- interprétation des classes en fonction de leur comportement radiométrique pour les attribuer aux cinq thèmes de la typologie attendue.
- re-classification de chaque masque (après A.C.P.) pour voir sur la base des seuls critères d'interprétation radiométrique si un groupe de pixels, s'il a été regroupé dans une classe majoritaire, n'appartient pas, tout compte fait, à une autre classe.
- correction des cinq classes et cartographie de l'occupation du sol en distinguant pour les vasières et pour la terre ferme les secteurs boisés de ceux non boisés.

## 3.1.4. Subdivisions des types d'occupation du sol et carte des changements

A partir des images ETM+ du début des années 2000, on cherche à subdiviser les classes obtenues précédemment pour mettre en évidence différents types de formations végétales (3.1.4.1). Cette étape intègre une procédure de vérification de l'interprétation des classes grâce à une confrontation à la réalité du terrain (3.1.4.2). L'analyse multi-dates s'effectue enfin au niveau de la première typologie qui, elle, s'applique aux trois dates (3.1.4.3).

### 3.1.4.1. Subdivisions des types d'occupation du sol

Sur la base de la carte établie précédemment à partir des images du début des années 2000, nous pouvons de nouveau créer cinq masques dont trois seront subdivisés afin d'obtenir les onze classes de la deuxième nomenclature<sup>33</sup>.

#### *Présentation de la méthode*

Au sein des classes : mangrove, boisements de terre ferme et espaces non boisés de terre ferme, obtenues à la fin de l'étape précédente (figure 64), on effectue une seconde A.C.P., de sorte à étirer, à nouveau, les contrastes radiométriques au sein de ces ensembles de pixels. Puis on effectue une classification non dirigée par les Nuées Dynamiques à partir des deux ou trois premières composantes principales en six classes, lesquelles seront regroupées en deux, trois ou cinq classes pour s'approcher au plus près de la typologie désirée. On espère ainsi, selon la typologie détaillée (3.1.2.4), distinguer :

- les sols nus des espaces agricoles faiblement boisés,
- la mangrove haute et dense, celle basse ou ouverte et celle dépérissante,
- quatre niveaux de densité du couvert végétal au sein du masque des boisements de terre ferme,
- Les tannes des rizières de mangrove.

Les masques d'une même classe de la carte des formations végétales, pour chaque sous-scène, sont ensuite associés sous forme de mosaïque ; puis les dix mosaïques sont recodées et additionnées pour présenter la carte des formations végétales (figure 66).

<sup>33</sup> La tentative de distinction entre les tannes et les rizières de mangrove, si elle n'est pas très satisfaisante a été laissé à titre indicatif.



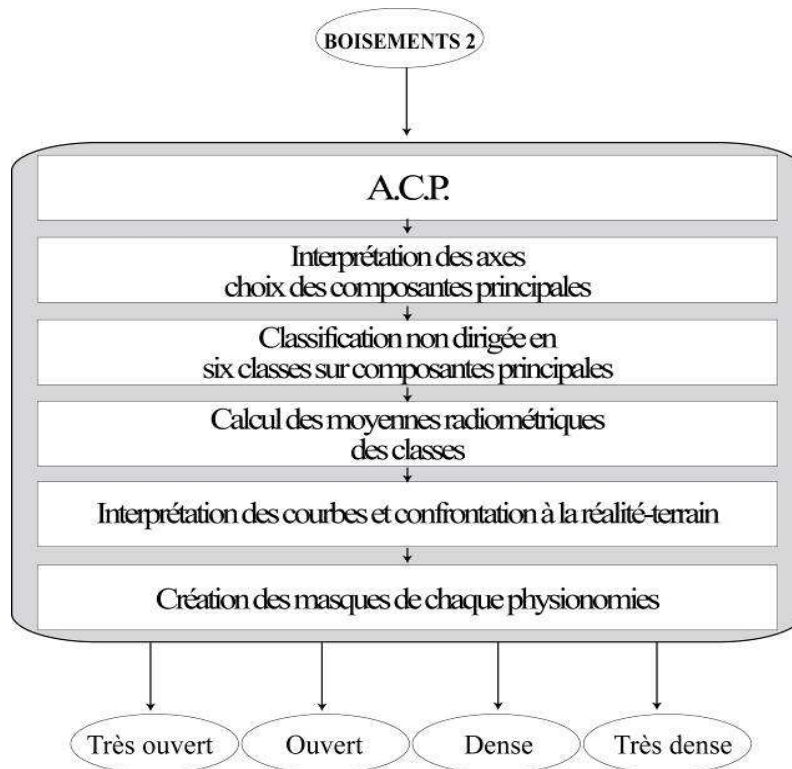


Figure 66 : Organigramme du traitement d'image pour la carte d'occupation du sol à 12 classes, exemple de la subdivision du masque des boisements de terre ferme en quatre types d'occupation du sol.

### 3.1.4.2. Vérité terrain et correction de la carte

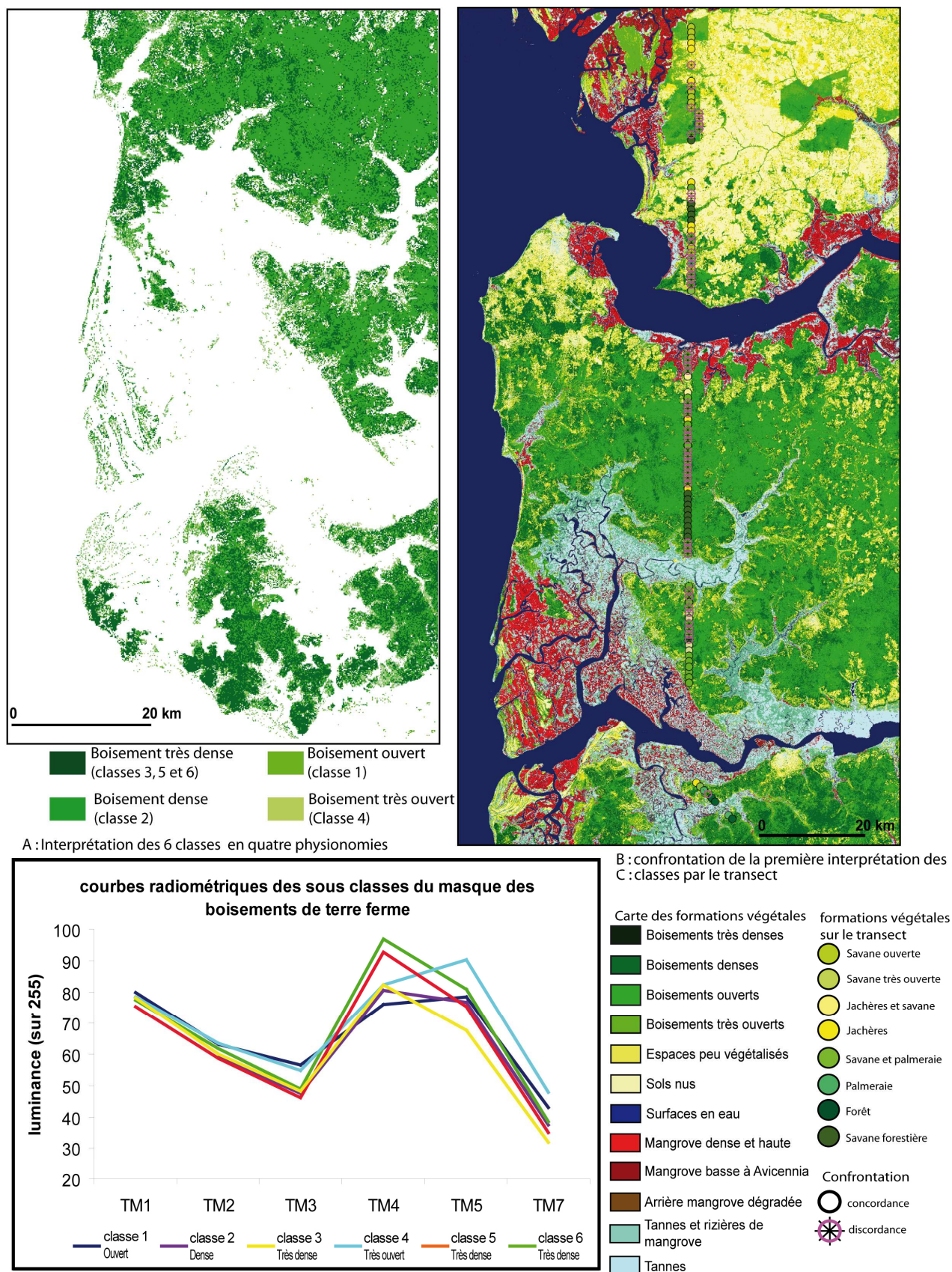
Nous avons effectué une classification en six classes des pixels composant le masque des boisements de terre ferme à partir des trois premières composantes principales issues de l'A.C.P. sur l'ensemble des canaux LANDSAT, pour la sous-scène « Gambie-Casamance ouest » afin de distinguer les boisements très ouverts, ouverts, denses et très denses, en cherchant à regrouper en trois à cinq classes les six classes initiales (figure 66).

Sur la figure 66, apparaissent le résultat de la classification, les courbes radiométriques recalculées au sein des classes obtenues, et le résultat de la première interprétation. Cette première carte peut désormais être confrontée aux 102 relevés du transect de terre ferme ainsi qu'aux 62 relevés ponctuels réalisés en Casamance afin de vérifier la justesse de l'interprétation des classes<sup>34</sup>.

#### *Confrontation avec les relevés de terre ferme*

La figure 66 montre un résultat très décevant. En effet, seuls 51 % des relevés montrent une bonne correspondance entre le terrain et la classification. 11 % des discordances correspondent à des secteurs classés en formations ouvertes ou denses alors qu'ils ont été observés comme étant très ouverts, c'est-à-dire défrichements récents quoique partiels, ou jachères reprises en agriculture... Ces discordances ne sont pas des erreurs d'interprétation mais elles dues à des changements qui ont eu lieu entre la carte (1999, 2000, 2001) et le terrain (2005). Une fois ces erreurs extraites, on observe qu'au sein des 38 % d'erreur, une très grande majorité est due à une surestimation des taux de boisement lors de l'interprétation des courbes. Certains relevés cartographiés comme très denses ont été, sur le terrain, définis comme des formations denses, idem pour des formations cartographiées comme denses et observées comme ouvertes... La figure montre l'interprétation des courbes selon les critères pré-établis donnés en 3.1.2.4 ainsi que la réinterprétation des courbes après confrontation au terrain.

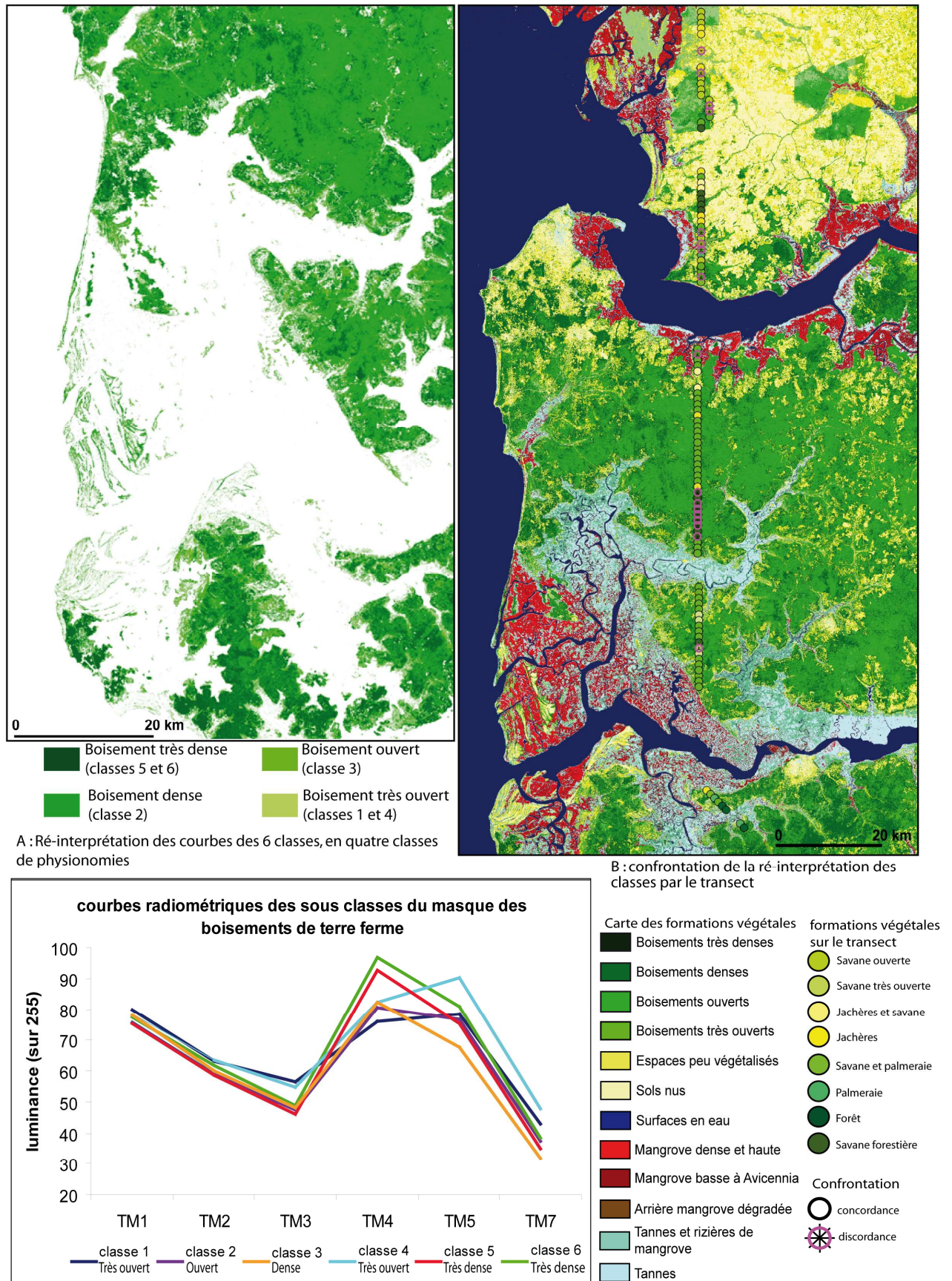
<sup>34</sup> Ces relevés seront plus amplement analysés dans la deuxième partie du mémoire.



C : Interprétation première et erronée des courbes radiométriques des classes des physionomies des boisements de terre ferme

**Figure 67: Confrontation des classes de boisement de terre ferme de la première carte d'occupation du sol à la réalité du terrain**

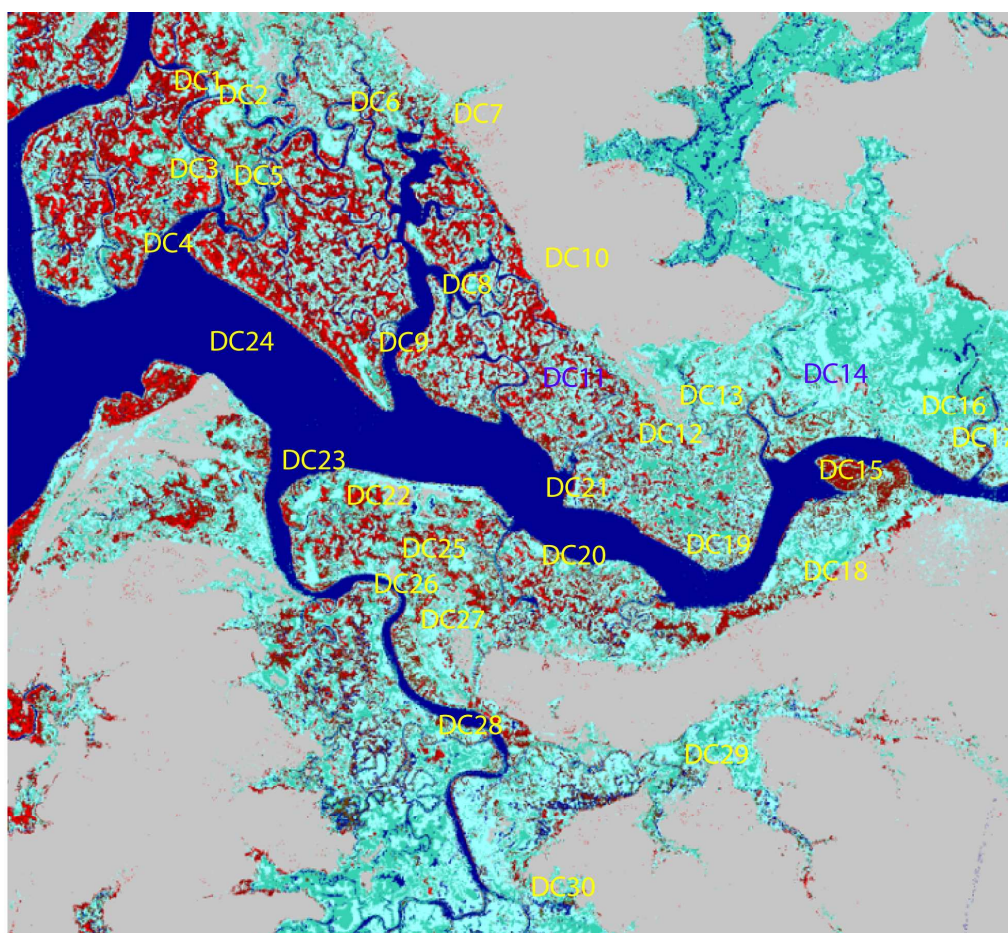




Ré-interprétation des courbes radiométriques pour la cartographie des physionomies des boisements de terre ferme

**Figure 68 : Confrontation à la réalité du terrain des classes de boisement de terre ferme de la carte d'occupation du sol corrigée**





DC8 Relevé conforme entre la carte et la réalité du terrain

DC11 Relevé non conforme entre la carte et la réalité du terrain

0 5km

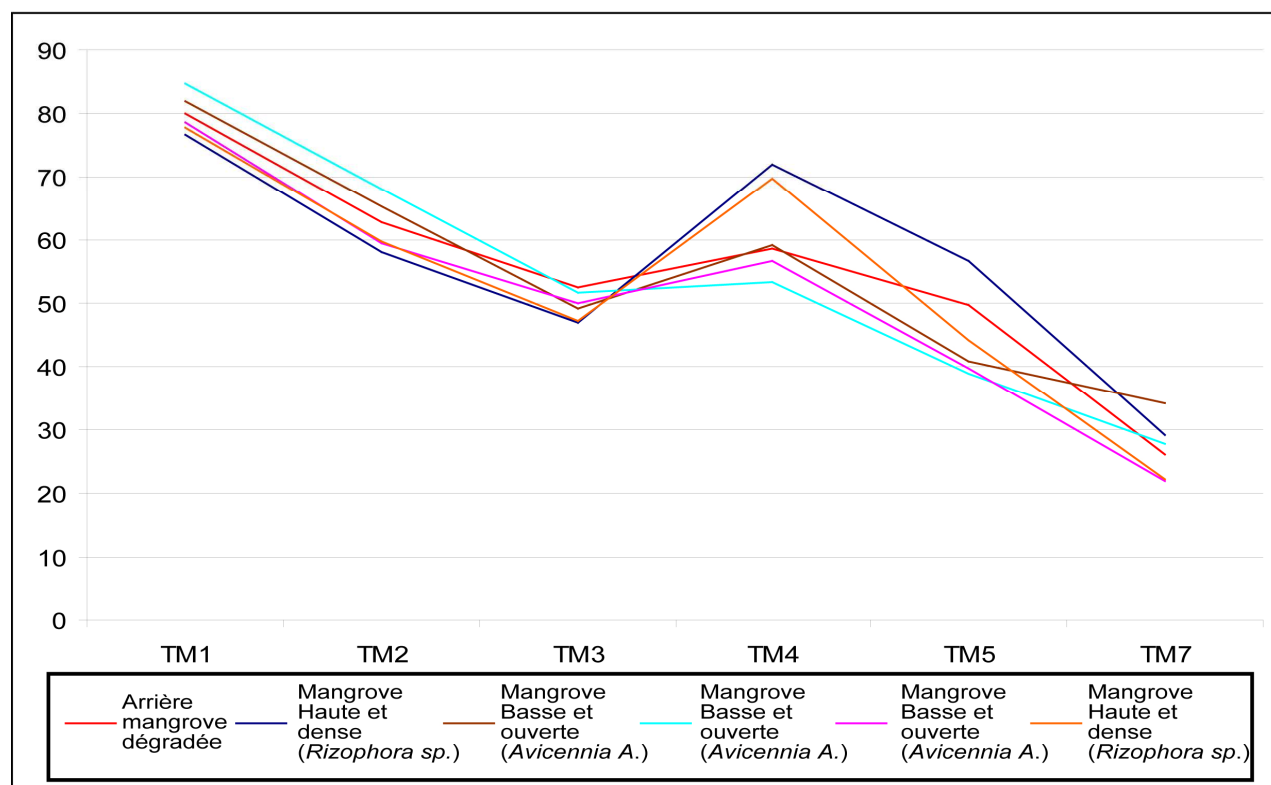


Figure 69 : Confrontation à la réalité du terrain des classes mangrove de la carte d'occupation du sol

Les classes 3, 5 et 6 se distinguent par leur pic très marqué sur TM4, signe d'une très grande activité végétale. Ils ont d'abord été interprétés comme des boisements très denses. La pente faiblement négative de la classe 2 entre TM4 et TM5 ayant été interprétée comme un boisement dense. La pente légèrement positive de la classe 1 entre TM4 et TM5 a été interprétée comme correspondant à un boisement ouvert. La pente fortement positive de la classe 4 a été interprétée comme celle des boisements très ouverts.

### *Réinterprétation des classes du masque des boisements de terre ferme*

Les courbes radiométriques sont alors réinterprétées en attribuant aux formations très denses les courbes aux pics de TM4 les plus marqués, aux formations denses les courbes à pic plus faible sur TM4, aux formations ouvertes les faibles pentes négatives entre TM4 et TM5 et aux valeurs relativement élevées sur TM3 et aux formations ouvertes les secteurs de luminance légèrement supérieure sur TM5 à celle sur TM4 (figure 68).

Les classes 5 et 6 se remarquent par leur pic très marqué sur TM4, signe d'une très grande activité végétale. Il s'agit des boisements très denses. La classe 3, présente elle aussi un pic sur TM4 bien que moins marqué, correspondant donc à la caractéristique radiométrique des boisements denses. L'ouverture de la couverture boisée se lit ensuite sur la courbe radiométrique des trois autres classes par la pente faiblement négative entre TM4 et TM5 et les valeurs relativement élevées sur TM3. La pente positive des classes 1 et 4 permet d'identifier des boisements très ouverts.

La confrontation montre une concordance dans 82 % des relevés. Outre les 11% de relevés où un changement a eu lieu entre la prise de vue et les observations de terrain, trois sont dus à un relevé de terrain ayant surévalué ou sous-évalué le taux de recouvrement en fonction d'un paysage de palmeraie linéaire de faible superficie, ou d'agroforêts, codées dans le tableau des données de terrain comme non boisées alors que leur taux soit supérieur à 20% (figure 68).

### *Confrontation avec les relevés de mangrove*

Le résultat de la confrontation de la cartographie de la mangrove par télédétection avec la réalité-terrain est excellent. 92 % des relevés montrent une correspondance entre cartographie et observation de terrain. Sur huit relevés discordants, sept proviennent de confusions entre rizières et tannes (figure 69).

### 3.1.4.3. Croisement multitudes pour l'analyse diachronique

Pour établir la carte des changements, les classes sont recodées de sorte à pouvoir croiser les trois cartes d'occupation du sol par simple addition des images correspondantes (Chowdhury, 2006 ; Nagendra *et al.*, 2006 ; Fraser *et al.*, 2005 ; Moreau, 2005 ; Masoud et Koike, 2005 ; Pahari et Murai, 1999). Les cinq premières valeurs (1, 2, 3, 4, 5) ont été données respectivement aux classes : eau, mangroves, tannes et rizières de mangrove, espaces non ou peu boisés de terre ferme et boisements de terre ferme résultant des analyses des prises de vues de la fin des années 1980. Le codage des classes équivalentes obtenues à partir des prises de vues du début des années 2000 ont été codées en multipliant par 10 les codes précédents (10, 20, 30, 40, 50). Pour arriver à croiser la troisième carte sans générer une image qui possède plus de 256 valeurs et qui nécessite un codage à plus d'un octet, nous avons établi une codification complémentaire de la combinaison 1, 2, 3, 4 ou 5 additionné à 10, 20, 30, 40 ou 50. Pour ceci les valeurs 6, 11, 56, 61 et 106 ont été attribuées aux cinq classes issues du traitement des images de la fin des années 1970<sup>35</sup>.

La carte résultant de l'addition des trois dates combine les trois séries de codes précédemment établis, ce qui génère 125 combinaisons possibles sans recouvrement de codes (figure 70).

<sup>35</sup> Le croisement des deux premières dates donnant 11, 12, 13, 14, 15, 21, 22... les codes donnés ci-dessus créent par le croisement des trois dates une série quasi-continue de codes de 17 à 161.



N : 1442413.500

E : 301758.000

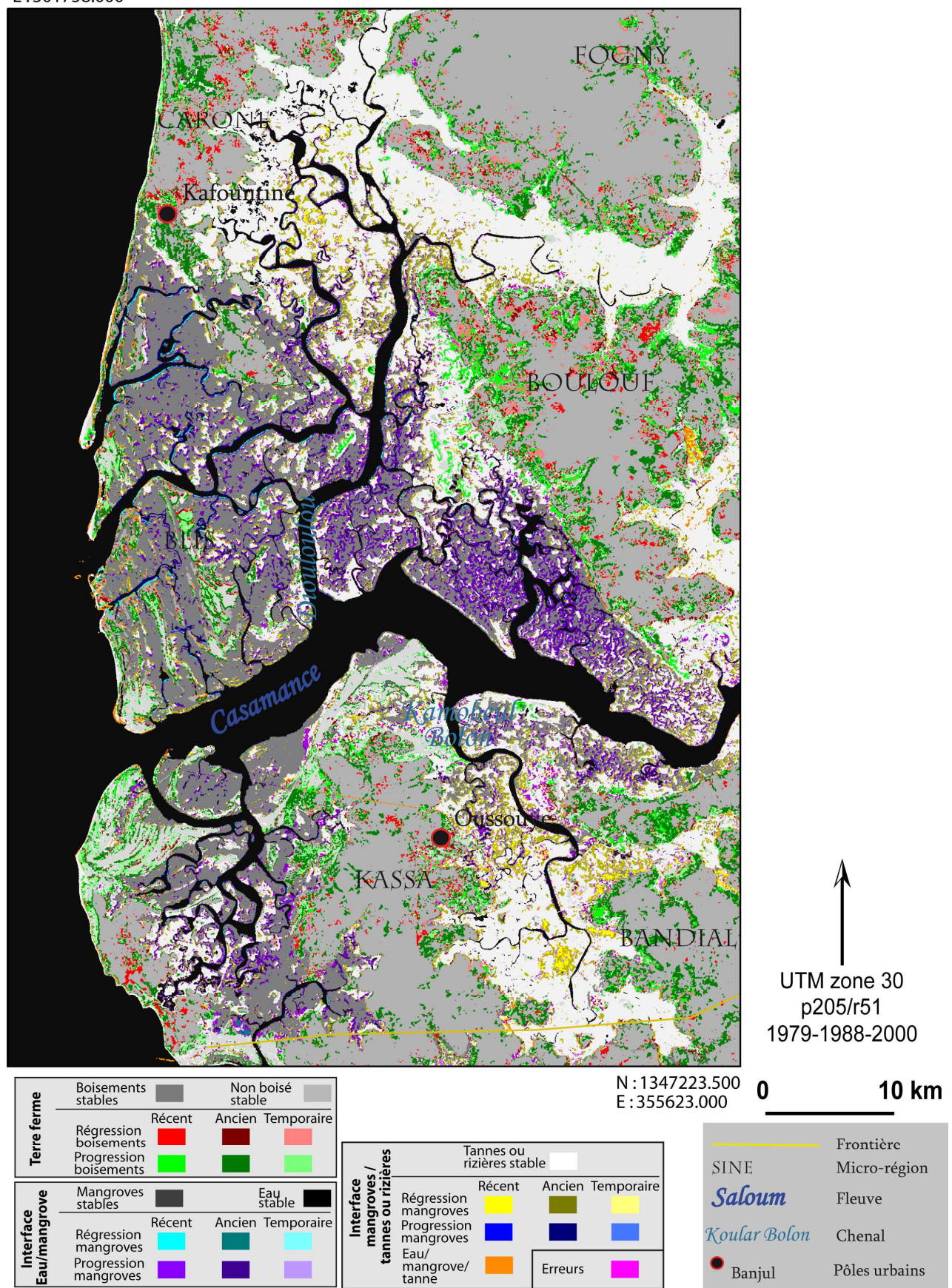


Figure 70 : Carte des changements de l'occupation du sol (Basse-Casamance, 1979-1988-2000)



Au sein des 125 codes possibles, certains d'entre eux seront totalement absents de la carte. Par ailleurs, seules les combinaisons donnant lieu à une interprétation vraisemblable en termes de changement de l'occupation du sol seront retenues. Par exemple, à ce pas de temps très court, les espaces de terre ferme ne peuvent pas se transformer en espaces intertidaux et inversement. Les codes correspondant à de tels changements sont considérés comme des erreurs dans l'interprétation originelle des classes et recodés comme tels. Par ailleurs, certains changements seront négligés. Ainsi, des éventuelles fluctuations de profondeur des vasières inondées seront ignorées telles les surfaces pouvant être classées comme « eau profonde » à une date et « tanne inondé » à une autre. Dans ce cas, on choisira de les considérer comme des « tannes ou rizières » aux deux dates. Compte tenu de ces choix, la nomenclature se simplifie considérablement et seules vingt-cinq classes sont prises en considération :

- cinq classes correspondant à une stabilité de la couverture du sol,
- six classes correspondant aux trois stades de progression (ancienne, récente, temporaire) et de régression des boisements de terre ferme,
- six classes correspondant aux trois stades de progression (ancienne, récente, temporaire) et de régression des mangroves à l'interface avec l'eau,
- six classes correspondant aux trois stades de progression (ancienne, récente, temporaire) et de régression de la mangrove à l'interface avec les tannes ou les rizières de mangrove.

A ces vingt trois classes s'ajoutent deux autres classes :

- une classe caractérisant la succession suivante : eau, mangrove et tanne.
- une classe d'« erreurs » regroupant toutes les combinaisons entre eau ou vasières à une date et terre ferme à une autre date.

#### Subdivisions des types d'occupation du sol et carte des changements (3.1.4)

La carte d'occupation du sol à cinq classes obtenue par traitement des images du satellite du début des années 2000 a, été subdivisée selon une typologie plus fine. Cette carte s'appuie sur des techniques similaires à celles utilisée pour la correction de la première carte : reclassification des masques après étirement des contrastes par l'A.C.P. Cette carte a été validée par confrontation aux relevés de réalité du terrain.

La même carte d'occupation du sol à cinq classes a ensuite été calculée pour les deux autres dates de prises de vue. Les trois cartes d'occupation du sol ont été croisées afin de cartographier les changements de l'occupation du sol (passages d'un état boisé à un état non boisé) entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980 et entre la fin des années 1980 et le début des années 2000.

#### Analyse d'images multispectrales à haute résolution pour la cartographie de l'occupation du sol (3.1)

Cette analyse d'image est la base de nombreuses analyses : cartes de changement, analyses morphométriques pour l'écologie du paysage... Pour assurer la prudence, nous avons pris deux mesures de prudence. La première est une réflexion au préalable sur ce qui peut être distingué de façon robuste en adéquation entre les particularités du milieu étudié et le matériel analysé. Elle nous a mené à mettre en place deux nomenclatures différentes. La deuxième est une étape de vérification et de correction de la classification et de son interprétation.

Une série de traitements supplémentaires à la cartographie de l'occupation du sol a ici été présentée. La cartographie de l'occupation du sol au début des années 2000 a pu être établie grâce à l'intégration des relevés de terrain qui ont permis de corriger puis d'affiner les interprétations des résultats issus de traitement des images. Elle apporte ainsi une bonne connaissance de la structure des différents paysages qui pourra être confrontée à la connaissance de la structure de la flore pour une analyse biogéographique complète et détaillée.

## 3.2. Analyses de synthèses NDVI de satellite à grand champ pour l'étude des rythmes biologiques

Le NDVI est un indice qui permet de quantifier l'importance de l'activité végétale. Il s'agit de la différence normalisée entre la luminance dans la bande du proche infrarouge (PIR) et la luminance dans la fin du visible dénommée bande rouge (R). Sa formule est donc la suivante :

$$(PIR - R) / (PIR + R)$$

L'utilisation du NDVI nous sert ici à établir un lien entre le climat et la végétation. Le NDVI, est un descripteur de l'activité chlorophyllienne à un instant donné. Son analyse temporelle permet de déceler des changements dans la végétation (Deshayes et al. 2006). Ce que l'on cherche ici c'est avant tout d'en étudier les variations, puis dans un deuxième temps d'examiner si ces fluctuations tiennent seulement aux accommodations de la végétation aux fluctuations climatiques ou si elles correspondent à des transformations de la végétation, en réponse à ces mêmes fluctuations.

La cartographie de l'occupation du sol et de la végétation par analyse d'images LANDSAT précédemment présentée est assez répandue, de même que les analyses temporelles de séries du NDVI visant l'exploration des liens entre la végétation et le climat (Camberlin, 2007 ; Hermann, 2005). Les anomalies de cette liaison servent également à détecter l'action anthropique (Archer, 2004 ; Budde, 2004). Ici c'est la combinaison des deux approches qui est originale, croisée à des études de terrain.

Deux bases de données d'images satellites géostationnaires à des pas de temps différents sont analysées ici pour atteindre deux objectifs distincts (3.2.1). Les synthèses de NDVI du satellite MSG, lancé en 2003, permettront d'étudier le rythme biologique actuel. Cette étude offrira une première base de connaissance, la plus précise possible de la végétation au temps présent, qui contribuera à l'établissement d'un état de référence. (3.2.2). Les synthèses de NDVI du satellite NOAA, lancé en 1982, permettront d'étudier la relation entre l'activité végétale et la pluviosité dans ses fluctuations interannuelles et décennales. Cette analyse sert à voir si les grandes fluctuations du climat qui ont eu lieu lors de ces deux dernières décennies ont eu un impact sur la végétation. (3.2.3).

### 3.2.1. Objectifs, contraintes et choix du matériel

Avant de présenter précisément les techniques employées pour l'analyse des synthèses de NDVI, il s'agit de présenter les objectifs (3.2.1.1), le matériel (3.2.1.1) et les intérêts et contraintes (3.2.1.1).

#### 3.2.1.1. Objectifs

La carte des changements de l'occupation du sol (3.2.1) et les analyses rétrospectives des paysages (4.2.3) permettent de décrire les physionomies et leurs changements et le transect des relevés floristiques (4.1) permet de décrire composition floristique et d'apporter quelques connaissances permettant d'aborder la question des changements de la flore, l'étude des rythmes de l'activité chlorophyllienne apparaît comme un complément dans la connaissance de la végétation et a pour objectif de répondre à la question suivante : la dégradation de la végétation transparait-elle à travers les fluctuations du NDVI ? Est-ce que la végétation, en réponse aux fluctuations du climat a connu, des fluctuations de son activité chlorophyllienne saisonnière avec, par exemple, les saisons plus courtes ou plus longues, plus précoces ou plus tardives ? Ces changements, ont-ils accompagné ou provoqué les changements des paysages, ou les rythmes d'activité chlorophylliennes sont ils indépendants des changements paysagers ?

Ainsi, l'analyse des images de NDVI des satellites à grand champ et à haute répétitivité temporelle permet de combiner deux objectifs. Premièrement, on définira au temps présent les rythmes annuels de l'activité végétale et leurs liaisons avec la pluviosité. Deuxièmement, on étudiera les fluctuations à moyen et long terme de l'activité chlorophyllienne, ainsi que sa liaison avec les fluctuations de la pluviosité et avec les changements des paysages.

### *Définition des zones en fonction des rythmes bioclimatiques*

Dans un premier temps, on identifie des classes de pixels dont le rythme annuel de NDVI est proche (Al-Bakri et Taylor, 2003) ce qui permet la définition d'unités phénologiques. En effet, la réaction phénologique de la végétation à la pluie au sein d'une saison est très importante. Ainsi, le NDVI ayant une corrélation très forte dans le temps avec la pluviométrie. (Camberlin *et al.* 2007), l'étude des cycles annuels de NDVI (figure 71) peut permettre d'établir des bioclimats. On pourra par exemple chercher à différencier les végétations sempervirentes des végétations caducifoliées. Au sein des deuxièmes, on pourra différencier les longueurs de saison d'activité chlorophyllienne, ainsi que bien d'autres variations des rythmes, bien plus subtiles. L'analyse du NDVI au début des années 2000 vise ainsi une meilleure connaissance des rythmes biologiques qui pourra déboucher sur leur cartographie.

Pour cela, un certain nombre de questions sont soulevées : Comment varie l'activité végétale ? Où et quand débute la saison d'activité végétale ? Pendant combien de temps la végétation est-elle en activité ? Comment s'effectue la décroissance de l'activité et la mise en dormance des végétaux ? Les questions peuvent alors s'enchaîner : quels sont les différents rythmes biologiques ? La mangrove se distingue-t-elle de la terre ferme ? Distingue-t-on différents rythmes biologiques au sein de la mangrove ? Au sein de la terre ferme, quels types de contrastes peut-on mettre en évidence ?

Une fois ce travail effectué, se pose la question des croisements avec les données issues des analyses d'images LANDSAT : Quelles sont les redondances ? Les complémentarités ? Quelle est la pertinence de ce croisement ?

### *Variations dans le temps des rythmes biologiques en liaison avec le climat*

Dans un deuxième temps, qui s'effectue à une autre échelle temporelle l'analyse porte sur les fluctuations de ces rythmes au cours des années. La base de données constituée des archives de NDVI du satellite NOAA permet de déceler les tendances à l'échelle de vingt ans et permet d'aborder les questions suivantes : le NDVI dans l'ensemble de la région, ou dans une région particulière a-t-il connu une fluctuation durant ces vingt dernières années ? On pourra ensuite chercher à établir des liens entre les fluctuations de la pluviosité et celles du NDVI avec les questions suivantes : la phase de sécheresse depuis la fin des années 1960 jusqu'au début des années 1990 et la reprise des précipitations depuis, transparaissent-elles dans les fluctuations du NDVI ? Sous quelle forme ? L'impact est-il général ou régional ? Est-il direct et instantané ou décalé dans le temps ?

Il s'agit pour cela d'étudier les variations spatio-temporelles du NDVI. Pour cela on utilise une fois encore l'A.C.P., dans une approche totalement différente de celles utilisées jusqu'ici. Ces phénomènes seront également mis en relation avec la pluviosité annuelle, celle du début de saison des pluies, le pic unique ou double pic de pluviosité, la longueur de la saison. Ceci, afin d'apporter des informations plus précises sur l'impact des variations de la pluviosité sur la végétation.



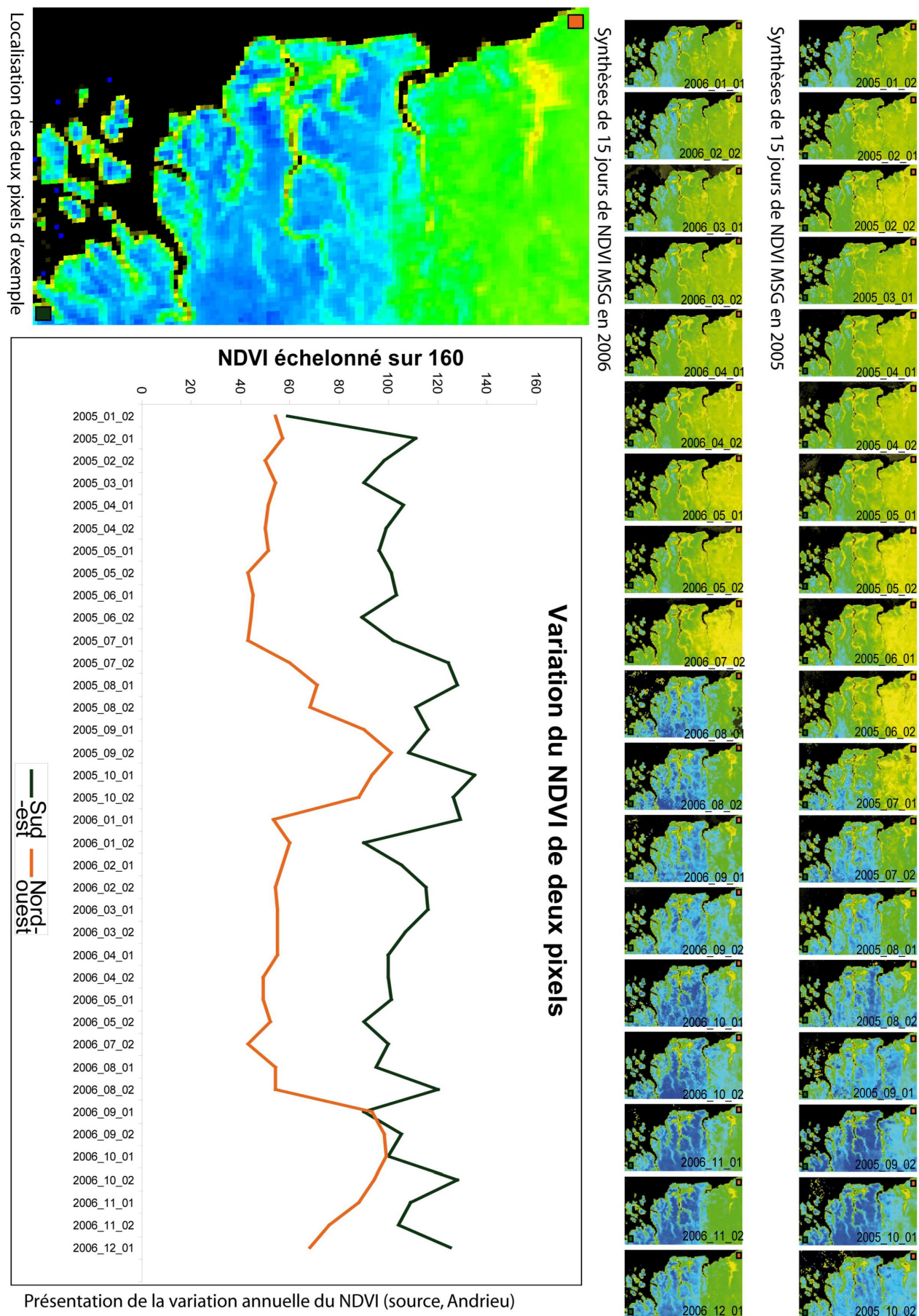


Figure 71 : Cycles annuels de NDVI

### 3.2.1.2. Les données

Les données récoltées toutes les quinze minutes pour MSG ou toutes les 6 heures pour NOAA peuvent être synthétisées entre plusieurs jours consécutifs. Il est en effet couramment admis qu'une synthèse des images de NDVI sur plusieurs jours permet de masquer l'effet des nuages. En effet, si on calcule le NDVI sur une image unique, une partie sera probablement masquée par des nuages. En étudiant une plage de temps de plusieurs jours, il est possible de reconstituer une image synthétique où chaque pixel est étudié à un instant où aucun nuage ne le couvre selon une technique décrite ci-après (Bergès *et al.*, 2005). Cette technique est appelée une synthèse.

#### *Images Météosat Seconde Génération (MSG)*

MSG-1 est un satellite géostationnaire en orbite au dessus du golfe de Guinée depuis le 29 Août 2002. Il possède une grande résolution spectrale au sein de laquelle on retrouve 12 canaux différents dont ceux permettant de mesurer le NDVI. Le site Internet du GDR MSG-ATR<sup>36</sup> offre la possibilité de calculer en ligne des synthèses de NDVI en laissant à l'utilisateur le choix de la localisation de la zone d'étude et des dates de début et de fin de synthèse. Deux canaux sont directement utilisés pour le calcul du NDVI :

- le canal 1 couvrant le domaine spectral de la fin du visible (vert-rouge) entre 0,56  $\mu\text{m}$  et 0,71  $\mu\text{m}$ ,
- le canal 2 couvrant le domaine du proche infrarouge entre à 0,74  $\mu\text{m}$  et 0,88  $\mu\text{m}$ .

La synthèse de NDVI sur MSG s'appuie sur une sélection sur toute la journée et en mesurant la température du pixel sur le canal IRT. Afin d'éliminer les pixels correspondant à des nuages, pour chaque pixel, l'image où la température est la plus élevée est sélectionnée. La valeur de NDVI de cette image où la température est la plus élevée est retenue pour constituer l'image de synthèse. Le canal thermique utilisé est le canal 9, correspondant à la température de brillance à 10,8  $\mu\text{m}$ .

Les images ont une résolution spatiale de 3 km au nadir. Elles constituent une information assez peu précise du point de vue du grain de la végétation. Les limites liées à cette faible résolution spatiale seront discutées ci-dessous. La résolution temporelle de 15 minute constituant en revanche une immense qualité pour établir des synthèses journalières (Fensholt, 2007) ou même sur plusieurs jours (Lacaze et Bergès, à paraître).

Les données sont disponibles de la fin janvier 2005 jusqu'à la fin novembre 2006, avec trois périodes de données manquantes : la première quinzaine de mars 2005, les deux derniers mois de 2005 et de la deuxième quinzaine de juin à la première quinzaine d'août 2006. La base de données est cependant suffisante pour effectuer une analyse des rythmes biologiques représentative du début des années 2000.

Les images n'étant pas géoréférencées, aussi il a été nécessaire d'ajouter une étape de géoréférencement à l'ensemble des prétraitements, à partir de la mosaïque d'images LANDSAT. Le fichier de géoréférencement est ensuite appliqué à l'ensemble des images. On procède enfin à l'extraction de la zone d'étude. Les images de NDVI sur la zone d'étude sont alors utilisées pour analyser les rythmes biologiques. Pour pouvoir croiser ces images avec les données LANDSAT, les cartes résultant de ces analyses sont ré-échantillonnées à 28,5 m de côté.

#### *NOAA*

Les données du satellite NOAA permettent l'étude du NDVI sur un pas de temps plus long. Elles sont téléchargées sur le site du GLCF<sup>37</sup> sous la forme de synthèses de NDVI sur 15 jours. Les satellites NOAA-6 à NOAA-14 possèdent cinq canaux : un dans le visible, un dans le PIR et trois dans le thermique. Les satellites NOAA-15 à NOAA-17 en possèdent un sixième dans l'infrarouge à ondes courtes. Le NDVI est donc calculé avec les deux premiers canaux :

- le canal dans le visible couvre la bande spectrale de à 0,58  $\mu\text{m}$  à 0,68  $\mu\text{m}$ ,

<sup>36</sup> <http://msg.univ-paris7.fr/>

<sup>37</sup> <http://www.landcover.org/index.shtml>

- le canal dans le PIR couvre la bande spectrale de  $0,72\ \mu\text{m}$  à  $1,10\ \mu\text{m}$ .

Les synthèses sur quinze jours sont effectuées par sélection sur les images entre 10h00 et 14h00, des pixels ayant le NDVI le plus fort ce qui constitue une autre façon d'estimer la plus faible probabilité qu'un nuage couvre le pixel (Scanlon *et al.*, 2002 ; Duchemin *et al.*, 2002).

Les pixels sont de 8 km de côté, ce qui englobe la zone d'étude dans un rectangle de 19 pixels d'est en ouest sur 39 pixels du nord au sud.

On peut accéder aux données de 1981 à décembre 2003. Ces données permettent donc d'étudier les changements dans l'activité végétale en continu depuis 20 ans.

Les données fournies sont déjà corrigées pour réduire les variations du NDVI liées aux phénomènes atmosphériques ou aux différents angles de prises de vue.

### 3.2.1.3. Intérêts et contraintes

#### *Intérêts de l'analyse des rythmes biologiques au début des années 2000*

L'analyse des rythmes biologiques au temps présent offre la possibilité d'enrichir la définition des formations végétales. En effet, à une saison donnée sur une image satellite, certaines formations végétales ont le même comportement, d'autres sont aisément distinctes. Ces similarités et dissimilarités varient selon les saisons. La puissance de détection des différentes formations végétales est donc démultipliée si cette détection prend en compte des caractéristiques radiométriques des différentes formations végétales liées aux saisons. Ainsi, l'analyse des rythmes biologiques par MSG peut permettre d'améliorer la détection des formations végétales. Pour cela, il s'agit d'une part d'analyser le rythme annuel dans l'ensemble de la zone et d'autre part, de distinguer les régions de rythme relativement semblable.

#### *Intérêts de l'analyse des fluctuations des rythmes biologiques de 1980 à 2000*

L'analyse des rythmes biologiques et de leurs fluctuations sur 20 ans, est une fois encore un complément important aux analyses de satellite à haute résolution spatiale mais à très faible résolution temporelle. Par ailleurs, le rythme biologique tel qu'il peut être appréhendé par les synthèses de NDVI des satellites géostationnaires est l'une des rares archives sur plusieurs décennies qui permette de reconstituer l'évolution de la végétation. C'est d'ailleurs la seule archive qui permette de le faire de façon quasi-continue, avec une image ou plusieurs images par jour synthétisées sur 10, 15 ou 30 jours. Pour cela, les différentes tendances annuelles et interannuelles, et les différenciations spatiales qui en seront déduites seront analysées en tentant d'éclaircir les liaisons entre le climat et la végétation.

#### *Le problème du croisement avec LANDSAT*

Un premier problème est celui de la résolution entre les images LANDSAT et MSG. L'intérêt du croisement étant de ne pas – ou du moins, le moins possible – perdre de résolution spatiale sur les images LANDSAT. Or, la différence entre les deux résolutions est immense, le côté d'un pixel de LANDSAT (28,5 m) étant plus de 100 fois plus petit que celui d'un pixel MSG en Afrique de l'Ouest (3 km). Ainsi, le rythme biologique mesuré sur un pixel de 3 km, tout valable qu'il soit à cette résolution, peut-il être réinjecté sur des entités de petite taille définies en fonction de la résolution de LANDSAT ? On souhaite étudier séparément les rythmes biologiques des secteurs boisés et non boisés de terre ferme, définis par LANDSAT. Or, une petite zone non boisée de quelques centaines de km de côté, au sein d'une matrice boisée, sera englobée dans le type de formation végétale dominante au sein du pixel MSG. Ainsi il serait vain de prétendre distinguer, par le rythme biologique, deux espaces non boisés au sein de matrices boisées, ou deux espaces de vasières au sein d'une matrice de mangrove... Aussi, les méthodes de croisement devront-elles être adaptées à cette différence d'échelle.



### ***Le problème de croisement avec le terrain***

Que signifie d'un point de vue biologique et paysager la variation annuelle, ou inter annuelle du NDVI ? Un NDVI moins fort signifie-t-il une végétation identique mais moins productive ? Une végétation identique mais sénescence ou dépérissante ? Une végétation moins dense ? Une composition végétale différente ?

Les analyses de la fluctuation sur 20 ans du NDVI ayant été effectuées durant la dernière année de thèse, soit après les missions sur le terrain, ces questions n'ont pas pu être traitées en s'appuyant sur les données de terrain. Il est cependant possible de croiser les données avec les relevés de terrain effectués pour d'autres analyses. Cependant ces données ayant été récoltées avec des procédures d'échantillonnage destinées à d'autres objectifs, une grande prudence est requise dans les interprétations des liaisons entre les changements floristiques ou paysagers étudiées sur le terrain et les fluctuations de NDVI.

#### **Objectifs, contraintes et choix du matériel (3.2.1)**

Les données NDVI issues des satellites à grand champ doivent servir à discuter de la part des fluctuations du climat dans la dynamique des paysages. Le NDVI est un indicateur de l'importance de l'activité chlorophyllienne. Sa justification pour un tel objectif est double. Pour cela deux bases de données sont traitées selon un schéma assez similaire à celui de l'étape précédente. Au temps présent, (à l'aide des données MSG) on établira un certain nombre de résultats pour interpréter au mieux les changements. Sur vingt ans on établira des constats de changement (à l'aide des données NOAA) à mettre en relation d'une part avec la pluviosité et d'autre part avec les changements de l'occupation du sol.

Pour ces deux étapes on pourra établir un premier lien entre précipitations et NDVI, pour ensuite établir une correspondance entre le NDVI et le paysage et pour intégrer ces résultats à notre discussion.

### **3.2.2. Analyse de la série temporelle d'images MSG**

Cette première étape vise l'établissement d'une bonne connaissance du temps présent. Le traitement comprend quatre étapes : les prétraitements (3.2.2.1), l'A.C.P. (3.2.2.2), la classification (3.2.2.3) et le croisement avec les données LANDSAT (3.2.2.4).

#### **3.2.2.1. Traitements**

##### ***Prétraitements***

Les synthèses de NDVI sont générées sans géoréférencement, sur le site Internet MSG par requêtes spatiales et temporelles. Dans un premier temps, il s'agit donc de les géoréférencer. Nous avons choisi de le faire non pas à partir des quatre données de latitude et de longitude des coins de l'image correspondant aux limites demandées lors de la création de l'image, mais en créant, pour une image, un fichier de géoréférencement à partir de points communs repérés sur les images LANDSAT. Une fois le fichier de géoréférencement créé pour une image, il est attribué à l'ensemble des images.

Un polygone correspondant à la mosaïque d'images LANDSAT est dessiné, en laissant une marge d'un pixel MSG, soit 3 km. Ensuite, la zone d'étude, incluse, est extraite.

Il faut enfin ré-échantillonner les images de résultat pour pouvoir les croiser avec LANDSAT. Après ré-échantillonnage, une deuxième extraction est effectuée qui couvre exactement la zone couverte par la mosaïque LANDSAT.

### *Classification pour la carte des rythmes biologiques*

Une classification non dirigée par l'algorithme des Nuées Dynamiques sur l'ensemble des synthèses de NDVI sur 15 jours permet de mettre en évidence des groupes de pixels en fonction de leur rythme biologique (Pan, 2003 ; Heumann, 2007). Il en résulte une carte et une valeur moyenne de NDVI par classe et par quinzaine permettant de transcrire graphiquement les rythmes biologiques correspondant aux classes de la classification.

### 3.2.2.2. Croisement avec LANDSAT

Nous avons dans un premier temps effectué une carte en 5 classes (3.1.3.1 et 3.1.3.2). Au sein de ces masques, on a ensuite effectué d'une part une classification des rythmes biologiques (3.2.2.2) et d'autre part une classification des physionomies de la végétation (3.1.3.4).

Les cartes des rythmes biologiques, pour chaque grand type de couverture du sol, comprendront une classe de rythme végétal non connu. En codant dans les dizaines les rythmes biologiques (10, 20, 30, 40...) et dans les unités les physionomies (1, 2, 3, 4...), on peut additionner la carte des rythmes biologiques à celle des physionomies de la végétation et produire une carte des formations végétales.

#### **Analyse de la série temporelle d'images MSG (3.2.2)**

L'analyse de la série temporelle d'images MSG doit permettre d'établir une connaissance des rythmes climatiques des types de paysages de la région. Pour cela une classification permettant de regrouper en classes les pixels de rythmes les plus similaires permet une carte assez synthétique, à condition de pouvoir la combiner avec la carte de l'occupation du sol.

### 3.2.3. Analyse de la série temporelle d'images NOAA

Le traitement comprend ici deux étapes : l'A.C.P. (3.2.2.1) et les statistiques sur les séries temporelles (3.2.2.4). Dans la mesure où les images sont, cette fois, géoréférencées, l'unique prétraitement est l'extraction de la zone d'étude, depuis le même polygone que pour l'extraction des images NDVI MSG (cf. 3.2.2.1).

#### 3.2.3.1. A.C.P.

##### *A.C.P. pour l'analyse de série temporelle*

Pour mettre en évidence les structures spatio-temporelles du NDVI sur 20 ans sur l'ensemble de la zone, une analyse en composantes principales est calculée. On procède à l'exportation des données de NDVI sous la forme de fichiers de textes. Une fois ces fichiers concaténés, on procède à l'A.C.P. sur un tableau de données avec en lignes les pixels et en colonne les synthèses bimensuelles. Les résultats de l'A.C.P. sont ensuite utilisés de deux façons. Premièrement, les coordonnées des individus – les pixels – sont mises en forme pour être réimportées au sein du logiciel de traitement d'image. Le fichier de géoréférencement est réinjecté aux images que constituent les composantes principales de l'A.C.P..

Ensuite, les contributions des variables et des individus permettent de calculer pour chaque Composante Principale, les déciles (de coordonnées positives et négatives) des plus forte contribution. Premièrement il s'agit, pour chaque composante principale de séparer les individus (pixels) aux coordonnées positives de ceux aux coordonnées négatives, ensuite on sélectionne les déciles des plus fortes contributions (les 74 pixels aux plus fortes contributions parmi les coordonnées négatives et les 74 pixels aux plus fortes contributions parmi les coordonnées positives). Ces déciles permettent de dresser un profil type de chaque extrémité de chaque axe factoriel. Chaque composante principale présente donc une carte et une courbe de variation des coordonnées des variables dans le temps, illustrant la dimension temporelle du phénomène.

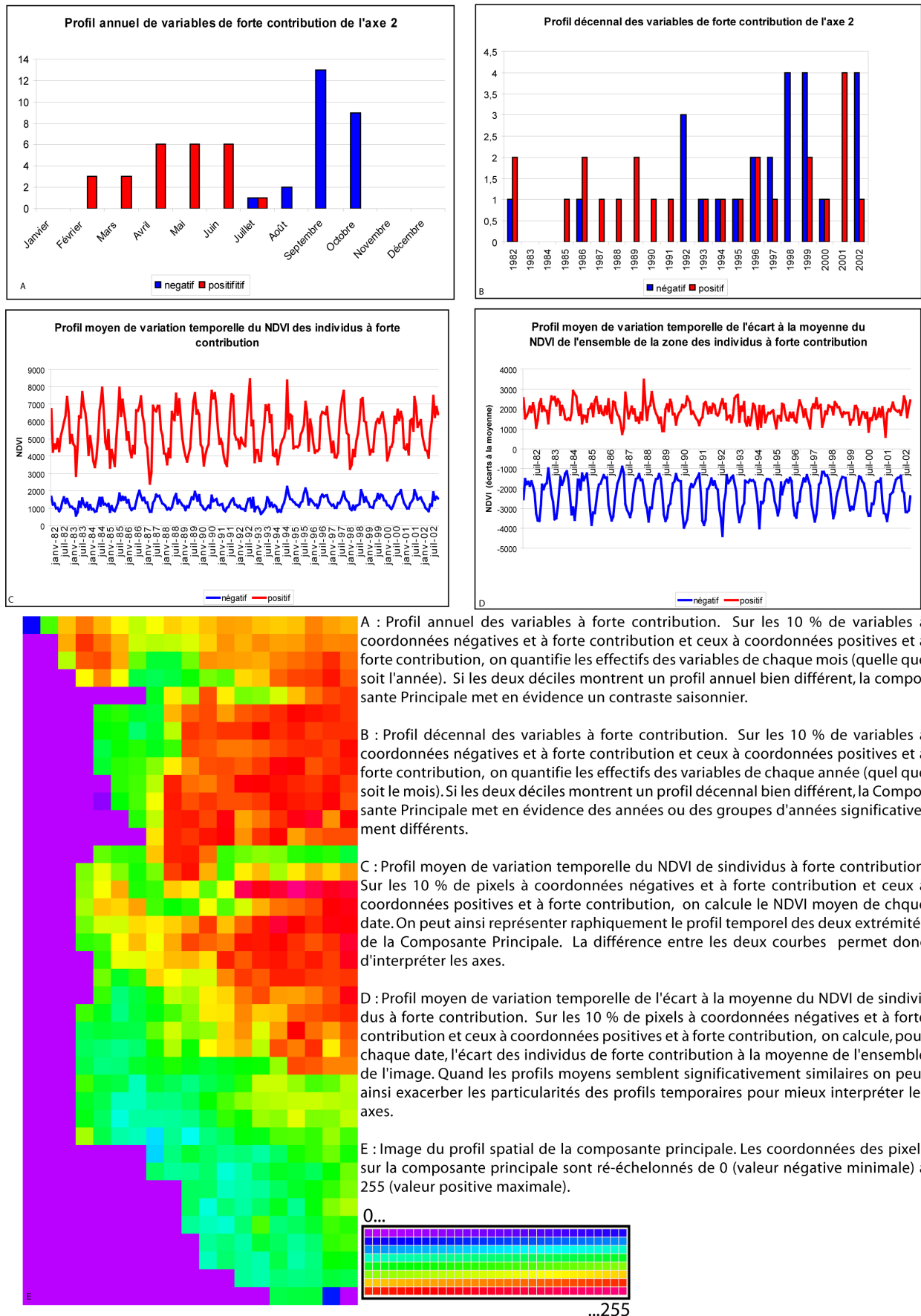


Figure 72 : Composante Principale et outils d'interprétation (A.C.P. sur série temporelle de NDVI issus de NOAA)



L'analyse d'une composante principale s'appuie sur le profil annuel qui montre si certains mois, connaissent des coordonnées extrêmes (figure 72a), le profil annuel qui montre si certaines années, connaissent des coordonnées extrêmes très fortes (figure 72b), les profils de NDVI moyen qui montrer le rythme annuel et sur 20 ans de variation du NDVI (figure 72c) et, pour étirer les contrastes de ces derniers profils qui, dès passé les premières Composantes Principales sont difficiles à analyser, l'écart à la moyenne du NDVI (figure 72d). Enfin, l'image des coordonnées des individus met en évidence le contraste spatial de la composante Principale.

A l'aide de ces documents, chaque composante principale, est interprétée en attribuant à un contraste spatial, un contraste temporel. Par exemple, sur la figure 72, la deuxième composante principale met en évidence le Centre-Est aux coordonnées positives auquel correspond une courbe présentant une alternance annuelle de forts NDVI entre juin et octobre et de NDVI faibles entre novembre et mai en opposition aux régions de mangrove aux NDVI toujours faibles, mais beaucoup plu faible que la moyenne en saison des pluies qu'en saison sèche. Une fois interprété chaque axe, on reviendra plus précisément sur les composantes Principales présentant une courbe significative de variation sur 20 ans montrant une fluctuation de l'activité chlorophyllienne.

### 3.3.1.1. Corrélation avec les données pluviométriques et confrontation avec la carte des changements

Une dernière étape à cette analyse est le calcul des corrélations entre le NDVI et les données de pluviométrie. Un certain nombre de liaisons seront examinées, notamment celles entre le NDVI et la pluviosité concomitante, celles entre le NDVI et la pluviosité précédente et celles entre le NDVI et la pluviosité cumulée sur différents pas de temps précédant la mesure du NDVI.

Dans un deuxième temps, cette carte sera confrontée à la carte des changements. Pour cela, chaque type de changement important dans tel ou tel secteur de la région (par exemple, la régression des mangroves dans les îles du Gandoul ou l'enfrichement dans le Bandial) sera confronté aux fluctuations du NDVI. On sélectionnera un pixel NOAA se situant dans où, d'après la carte des changements, là où le changement a eu lieu et la donnée NDVI sera extraite pour les vingt années. La courbe de variation du NDVI sur 20 ans pourra monter ou non une cohérence avec les changements cartographiés par analyse d'images LANDSAT.

#### Analyse de la série temporelle d'images NOAA (3.3.3)

L'analyse temporelle des images NOAA s'appuie sur une A.C.P. des séries temporelles. Il est ici recherché sur chaque axe factoriel les tendances particulières de variations du NDVI et les régions qu'elles concernent.

Les tendances, une fois détectées seront confrontées d'une part aux fluctuations de la pluviosité pour vérifier l'hypothèse de l'impact du climat sur la végétation, et d'autre part avec la carte des changements d'occupation du sol pour examiner quelles pourraient être la part du facteur climatique et celle de l'action anthropique.

### **Analyses de synthèses NDVI de satellite à grand champ pour l'étude des rythmes biologiques (3.3)**

Ces deux analyses s'articulent bien par leurs complémentarités d'échelles spatiales et temporelles. L'analyse des images de NDVI issus de MSG devra permettre d'établir une carte des rythmes biologiques actuels de la végétation tandis que l'analyse des séries d'images de NDVI issus de NOAA a pour but de mettre en évidence les variations de ces rythmes en réponse aux fluctuations de la pluviosité depuis vingt ans.

### **Agencement et cinématique des paysages par télédétection (3)**

La cartographie de l'occupation du sol par télédétection offre un grand nombre de résultats que l'on s'efforcera d'articuler entre eux et avec les résultats des analyses de données récoltées sur le terrain. La cartographie des changements dans l'occupation du sol est une étape primordiale de ce schéma méthodologique. La carte des formations végétales ainsi que la carte des bioclimats sont autant d'apports pour une compréhension la meilleure possible des processus liées à la végétation et aux paysages. L'analyse des fluctuations du NDVI devrait permettre de répondre à l'une des questions essentielles de la thèse : quel est l'impact des variations de la pluviosité sur la végétation et les paysages.

## 4. Collecte et traitement des données de terrain

Les données de terrain qui entrent dans le schéma méthodologique de cette thèse sont nombreuses et variées. Leur récolte a constitué un enjeu important : s'agissant d'accumuler des données en quantité et qualité suffisante. Le choix a été fait d'utiliser à la fois et en synergie les données de terrain et les images de télédétection. Trois types d'analyses ont été effectués à partir de données récoltées sur le terrain : les études de la géographie de la flore et de son écologie (4.1), les études *in situ* des paysages en changement (4.2) et les enquêtes dans les villages (4.3).

### 4.1. Analyse floristico-écologique

La prise en compte de la dimension floristique des paysages autrement que par une rapide description des espèces dominantes ou l'adoption des schémas phytoclimatiques pré-établis, nous est apparu nécessaire dans un contexte qui a beaucoup changé depuis que ces schémas ont été conçus. La définition des espèces végétales, par leurs liaisons avec le milieu (espèces de climat sec ou humide...) et l'état de la végétation (espèces de friches, espèces de forêts denses), permet d'améliorer la connaissance d'un site et d'offrir une clé supplémentaire de lecture des paysages. A types de paysages d'apparence équivalente, il peut exister des différences suivant la résistance aux perturbations des espèces qui le constituent. Pour prendre l'exemple de la mangrove, l'amplitude écologique des trois espèces de *Rhizophora* n'est pas la même. Un changement écologique touchera de façon différente une forêt de *Rhizophora racemosa* et une forêt de *Rhizophora mangle*. La structure géographique de la flore, ses liaisons avec le milieu et avec l'action anthropique, ses concordances et discordances avec le paysage sont à préciser. Nous présenterons donc, dans ce qui suit, les techniques de relevés floristiques (4.1.1) et les principales analyses que nous avons effectuées à partir de ces relevés (4.1.2).

#### 4.1.1. Réalisation d'un transect en terre ferme

Le transect correspond à un échantillonnage linéaire continu ou non. C'est un mode d'exploration de l'espace biophysique classique en biogéographie et en écologie. Cependant, il n'est utilisé qu'occasionnellement à l'échelle régionale. Son utilisation a repris dans la biogéographie française dans la thèse de Lecompte (1986) sur suggestion de Michel Godron. Lecompte (1986) a démontré sa pertinence pour l'étude d'une strate de variation de la végétation en liaison avec un gradient climatique<sup>38</sup>. Le transect est applicable aux parties de l'espace biophysique où un gradient écologique est susceptible d'organiser la distribution des espèces, les sols etc. La ligne, orientée par le gradient, permet de généraliser les résultats obtenus de part et d'autre du tracé. Cette généralisation spatiale s'étend jusqu'aux limites où le gradient s'exprime de la même façon.

Le transect a été utilisé pour l'étude de la variation de la flore à l'échelle régionale depuis 1973 par les travaux de Lecompte sur le Moyen-Atlas marocain (1973). De nombreux transects ont depuis été effectués et analysés pour les différentes transitions entre la flore méditerranéenne et les domaines floristiques adjacents (Alexandre, 1994, Génin, 1995, Andrieu, 2002).

<sup>38</sup> Lecompte a proposé de décomposer les champs climatiques non en unités de climat homogène, ce qui n'existe pas mais en ensemble où une même variation spatiale du climat peut-être observée. Dans chaque « strate de variation climatique » ainsi définie, la végétation peut être explorée par un transect constitué de segments enchaînés en continu, s'ils sont orientés par la plus forte variation du climat (ici, le gradient nord-sud).



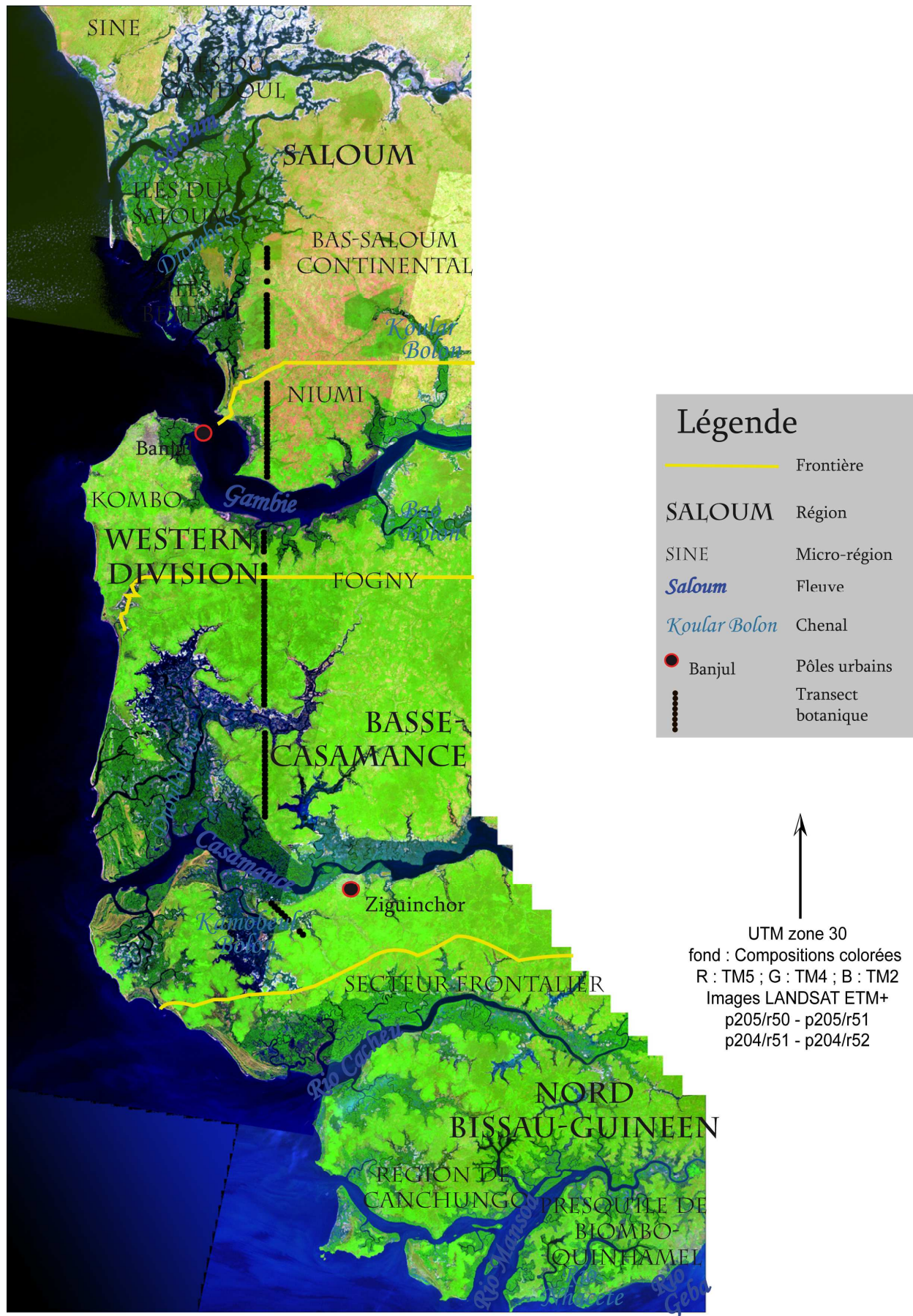


Figure 73 : Localisation du trasect pour un échantillonnage linéaire de la zone d'étude

Trois points sont importants dans la réalisation du transect : son tracé qui définit les modalités d'échantillonnage (4.1.1.1), le type de relevé floristique (4.1.1.2) et la récolte de données pour fournir des descripteurs écologiques (4.1.1.3).

Les vasières et les mangroves qui leur sont associées n'ont pas été ici étudiées : ces relevés ont été réalisés dans les formations végétales de terre ferme. Les mangroves comportent au plus six espèces et l'écologie de ces espèces est étroitement liée à la topographie et à l'hydrologie. Ainsi, ni l'échantillonnage régional ni ce mode de relevé (présence - absence des espèces) n'était adapté à une étude de la répartition des espèces qui auraient été toutes présentes dans une majorité des relevés.

### 4.1.1.1. Echantillonnage

Le transect, est un mode d'échantillonnage efficace dans le cas où une variation dans une direction géographique, qu'elle soit micro-hétérogène (variations de grande échelle qui sont lissées par une vue à une échelle plus petite) ou macro-hétérogène (variation à petite échelle qui se transcrit par des plages assez homogènes à grande échelle), domine largement les contrastes de l'objet étudié. Le transect doit être orienté dans le sens de cette variation principale. Dans le cas des transects phytoclimatiques, le transect doit être orienté dans le sens du gradient climatique. Notre transect est donc orienté selon le principal gradient climatique, d'axe nord-sud qui combine le total pluviométrique et la durée de la saison sèche dans la mesure où ces deux paramètres ne sont pas indépendants. Notons qu'afin de garantir un caractère aléatoire à cet échantillonnage, le point de départ du transect a été choisi au hasard. Le transect qui devait donc être d'axe nord-sud ne l'est que jusqu'en rive sud de la Casamance où il a fallu l'orienter nord ouest – sud est pour suivre le littoral.

Les deux limites du transect, correspondent aux limites entre la flore soudanienne et la flore soudano-guinéenne, avant et après la translation des isohyètes. Le Bas-Saloum est durant la phase humide des années 1940 et 1950 selon Trochain (1940) et Aubréville (1950), le lieu de la transition entre des deux cortèges floristiques. Selon, Fazendeiro-Catarino (2004), cette transition entre ces deux mêmes cortèges continue dans le nord de la Guinée-Bissau. Le transect, en étant localisé entre ces deux points, tout en couvrant la quasi-totalité du gradient nord-sud de la zone d'étude, doit permettre de discuter de la question de la translation des flores.

Le transect se localise de la forêt classée de Sangako (Delta du Sine-Saloum, Sénégal) jusqu'au village de Nyassia en Casamance (figure 73). Comme tel, il constitue une ligne échantillon pour la végétation régionale et une certaine généralisation spatiale des résultats en est donc attendue. La réalisation des relevés a été interrompue au sud de Nyassia pour deux raisons. Premièrement, le transect a été interrompu à la limite de la zone déminée et sécurisée, et nous avons choisi de ne pas rentrer plus en avant dans les secteurs frontaliers, où les factions rebelles casamançais et les mines sont encore présentes. Deuxièmement, les relevés devaient être repris en Guinée-Bissau depuis la frontière jusqu'à la presqu'île de Biombo-Quinhamel. Ces relevés n'ont pu être réalisés faute de temps, le retard accumulé lors de différents travaux de terrain nous ayant conduit à renoncer à terminer ce transect plutôt qu'à une enquête au village.

### 4.1.1.2. Relevé floristique

Dans les seuls secteurs de terre ferme, autant que faire se peut, la ligne droite a été suivie, le long de laquelle la présence des espèces ligneuses a été relevée sur une bande de deux à trois mètres de part et d'autre de la ligne choisie. Chaque relevé constitue un segment de ce transect, d'une longueur de 500 m. Les relevés sont séparés de 500 m où l'information n'est pas récoltée. Cet allègement du dispositif a permis de couvrir plus vite une plus grande distance. En l'état, cela constitue une première exploration dont les résultats devront être confirmés en restituant sa continuité à la ligne échantillon.

De plus, en cas d'obstacle de petite taille (hameau villageois, zone agricole, petit chenal à mangrove), tout ou partie de l'espace séparant deux relevés permet de reporter de quelques centaines de mètres la réalisation du relevé...

En l'état, le transect restitue la variation de la végétation sur environ 160 kilomètres où 102 relevés linéaires de 500 m ont été effectués. Sur 500 mètres de long et plus ou moins 2 ou 3 mètres de large, la liste des espèces ligneuses (arbres, arbustes et buissons) rencontrées est établie. Cette fraction de la flore qui apporte, à l'échelle régionale, une quantité importante d'informations, apparaît en effet comme la meilleure intégratrice de la relation climat-végétation en ce qu'elle produit moins de « bruit » que la flore herbacée dont la composition est beaucoup plus sensible aux micro-variations du milieu, en particulier de nature édaphique (Alexandre, 1994). Par ailleurs il a été montré lors de l'étude des transects méditerranéens que les résultats obtenus pour la fraction ligneuse ne différaient pas de ceux concernant l'ensemble de la flore (Lecompte, 1986 ; Alexandre, 1994 ; Génin, 1995). Au sujet de la « flore forestière soudano-guinéenne », Aubréville (1950) fait le même type d'observations, parlant, d'une part, de la « flore herbacée ubiquiste et monotone des savanes », d'autre part, de la « flore d'arbres, d'arbustes, d'arbrisseaux, atteignant au moins normalement la taille d'un homme [...], plantes fixant le sol par leur enracinement profond et [...] constituant les éléments principaux, dominants du paysage. » Cette étude partielle de la flore (152 espèces ligneuses) utilise cependant au mieux le rôle indicateur de la flore à l'échelle régionale.

#### 4.1.1.3. Descripteurs écologiques

Les listes de présence d'espèces sont accompagnées, pour chaque relevé, d'un certain nombre de descripteurs écologiques choisis en référence au Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu (Emberger *et al.*, 1968) ouvrage clé pour chercher à établir des relations entre milieu et flore, hors du paradigme purement floristique de la phytosociologie.

**Les relevés botaniques** sont formalisés dans un tableau en présence absence (1-0) où les espèces sont en colonnes et les relevés en ligne. Les descripteurs écologiques sont en relation avec le tableau floristique sous forme d'un tableau avec les relevés en lignes et les descripteurs en colonnes, discrétisés et recodés.

La pluviosité est le principal facteur d'organisation latitudinal de la flore en Afrique de l'Ouest (Aubréville, 1950 ; White, 1986) Un descripteur de celle-ci a été calculé par krigeage<sup>39</sup> des totaux moyens des stations sénégalaises, le total annuel moyen ayant été calculé sur une série chronologique de 1970 à 1995. Les données ont ensuite été discrétisées en classes de même amplitude (50mm) allant de 750 mm à 1250 mm.

La distance au village est un descripteur de l'intensité des activités anthropiques. Sur une base de données géomatiques, la distance de chaque relevé au village le plus proche a été calculée. La distance de chaque relevé au village a ensuite été discrétisée en classes d'une même amplitude de 1,5 km. La classe correspondant à la plus grande distance au village étant une distance supérieure à 6 km.

Pour compléter ce descripteur de l'intensité des activités anthropiques, un deuxième descripteur a été recensé : il s'agit du statut des boisements qui a été récoltés sur le terrain et confirmé par enquêtes et lecture des cartes topographiques. Trois statuts ont été recensés : les forêts classées (dispositif étatique sénégalais), les forêts communautaires (dispositif d'autogestion villageoise gambien) et l'absence de dispositif.

Le rôle de la hauteur de la nappe et des conditions propres aux forêts galeries sont importantes dans la région (Trochain, 1940 ; Aubréville, 1950 ; White, 1986). Cependant, il est rendu plus complexe à appréhender en raison de la possibilité d'une action de la nappe salée éliminant ou favorisant certaines espèces. Ainsi deux descripteurs indépendants ont donc été établis. Premièrement, à partir d'une base de données géomatique, la distance de chaque relevé à la vasière la plus proche a été calculée. Les distances de chaque relevé ont été discrétisées selon des classes de même amplitude (1 km). La topographie a constitué un deuxième descripteur de présence probable de nappe phréatique ressentie par la végétation. Sur le terrain, la présence des bas-fonds a donc été relevée en opposition aux interfluvies.

---

<sup>39</sup> Méthode d'interpolation spatiale



Dans l'hypothèse d'un microclimat littoral qui pourrait jouer sur la composition floristique, la distance de chaque relevé à l'Océan a été calculée. Les distances de chaque relevé ont été discrétisées selon des classes de même amplitude (10 km).

Dans ce raisonnement, la physionomie de la végétation, pose un certain problème. D'un certain côté elle peut constituer un type de milieu avec son microclimat, la lumière qui peut y pénétrer propre, voire son type de sol. Cependant, la physionomie dépend, elle-même, de l'ensemble des facteurs biophysiques et anthropiques, et il est extrêmement délicat de savoir par exemple si la présence de *Landolphia dulcis* dans un relevé de palmeraie est liée à la présence d'une formation dense, écologiquement forestière ou si la présence du *Landolphia* et celle de la palmeraie sont toutes les deux liées à la présence d'un sol qui permet un maintien de l'humidité et d'une nappe phréatique particulièrement haute.

Le descripteur physionomique, sera donc utilisé comme le descripteur global de l'ensemble des variables écologiques qui lui sont liées : l'ombre, les sols forestiers, les températures qui varient fortement sans ou avec un couvert dense (Trochain, 1940), la concurrence entre espèces... Les physionomies relevées sur le terrain sont les suivantes :

- Forêt
- Palmeraies
- Palmeraies combinées à d'autres formations ouvertes
- Savane forestière
- Savane mixte
- Savane ouverte
- Savane très ouverte
- Savane et jachères
- Jachère

### Réalisation d'un transect en terre ferme (4.1.1)

Pour étudier la géographie de la flore d'un espace tel que les régions septentrionales des Rivières-du-Sud parcouru par un gradient climatique qui explique l'essentiel de la structure de la flore (White, 1986, Aubréville, 1950), un transect apparaît comme l'échantillonnage le plus efficace. Celui effectué dresse des listes de présence d'espèces ligneuses et une rapide description du milieu à partir des relevés de 500 mètres, espacés de 500 mètre et couvre ainsi plusieurs centaines de kilomètres allant du Bas-Saloum où Trochain en 1940 plaçait la transition entre la flore soudanienne et la flore guinéenne au Kassa à proximité de là où Fazendeiro-Catarino place en 2004 la même limite.

## 4.1.2. Statistiques appliquées aux données floristiques

La végétation est un semis de points d'individus à taxonomie et de physionomie propre. La physionomie et l'espèce sont donc les deux premiers niveaux de qualification de ces individus. Il est admis que c'est par l'espèce que l'on obtient les informations écologiques les plus fiables<sup>40</sup>. Or, les distributions des espèces sont évidemment variables et plus ou moins porteuses d'information.

L'information est réduite lorsque l'espèce est omniprésente (*Dichrostachys cinerea*, figure 74a) ou à l'inverse très disséminée (*Grewia bicolor*, figure 71b) les fréquences intermédiaires sont évidemment beaucoup plus intéressantes.

<sup>40</sup> Deux cas de figures rendent l'analyse de la physionomie aussi riche, enseignements quand la physionomie est très différente de celle attendue dans un tel milieu et quand, comme dans les mangrove, le nombre d'espèces est très réduit, menant à chercher d'autres informations.

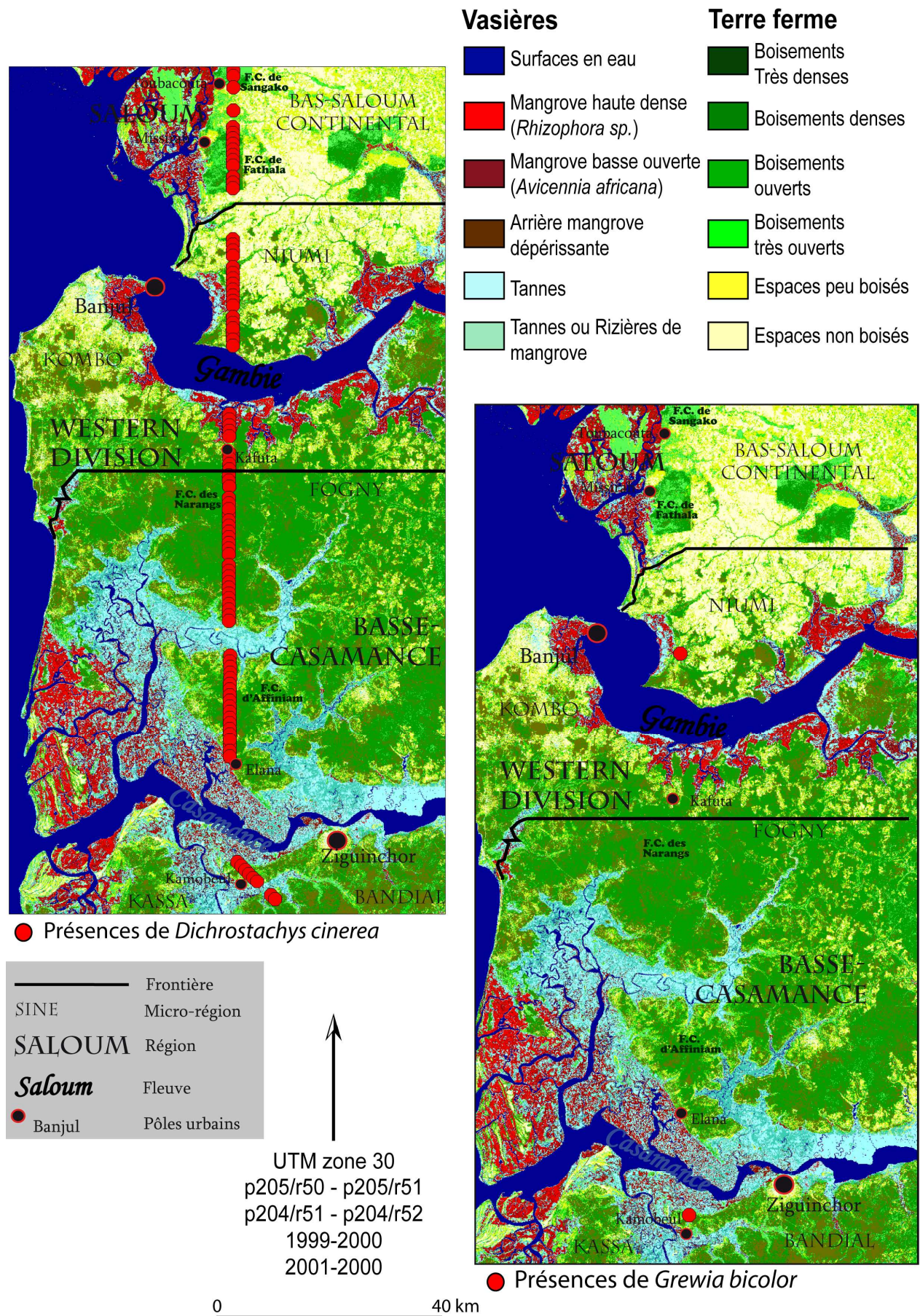


Figure 74 : distributions de *Dichrostachys cinerea* et de *Grewia Bicolor*



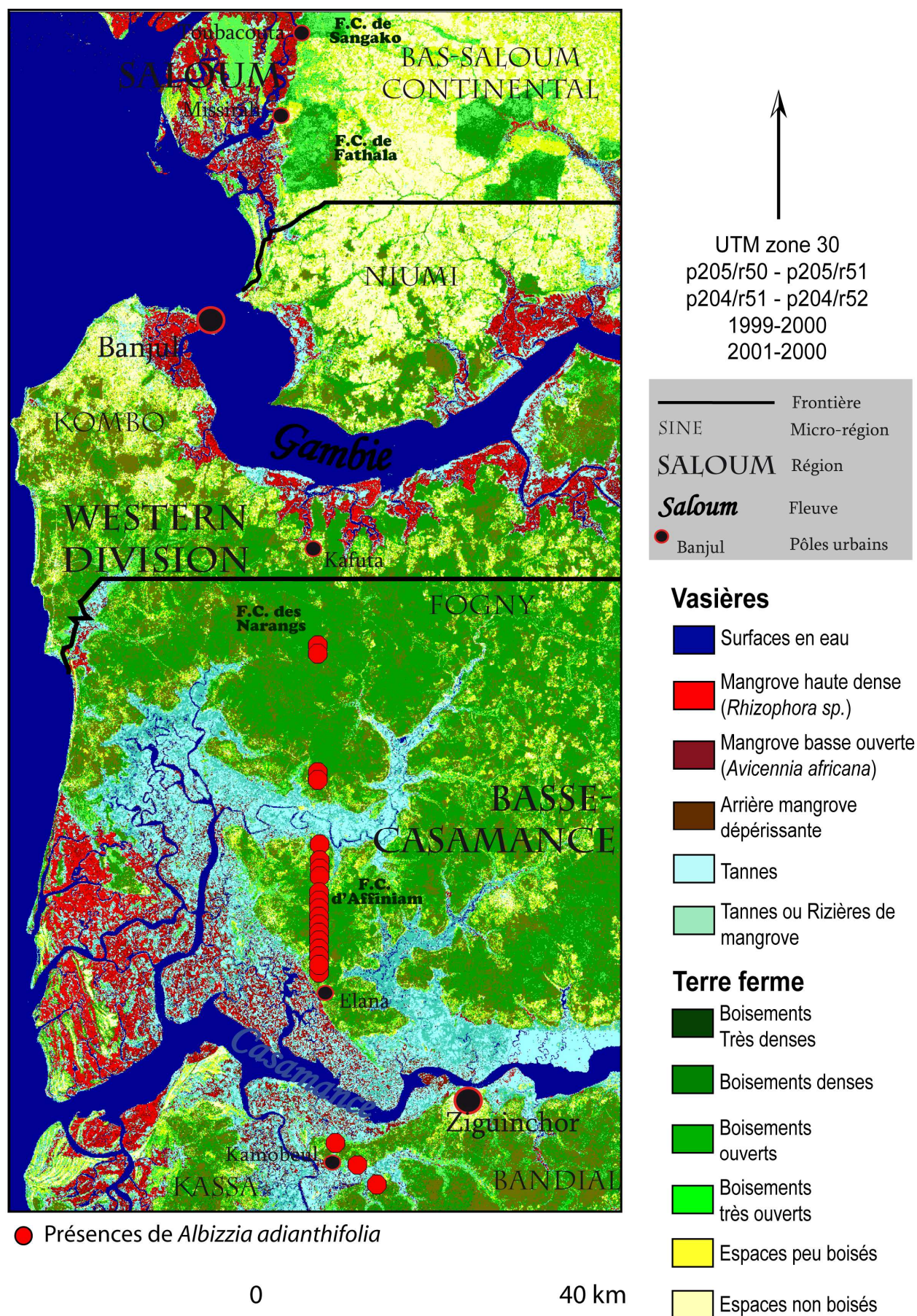


Figure 75 : Distribution d'*Albizzia adianthifolia*



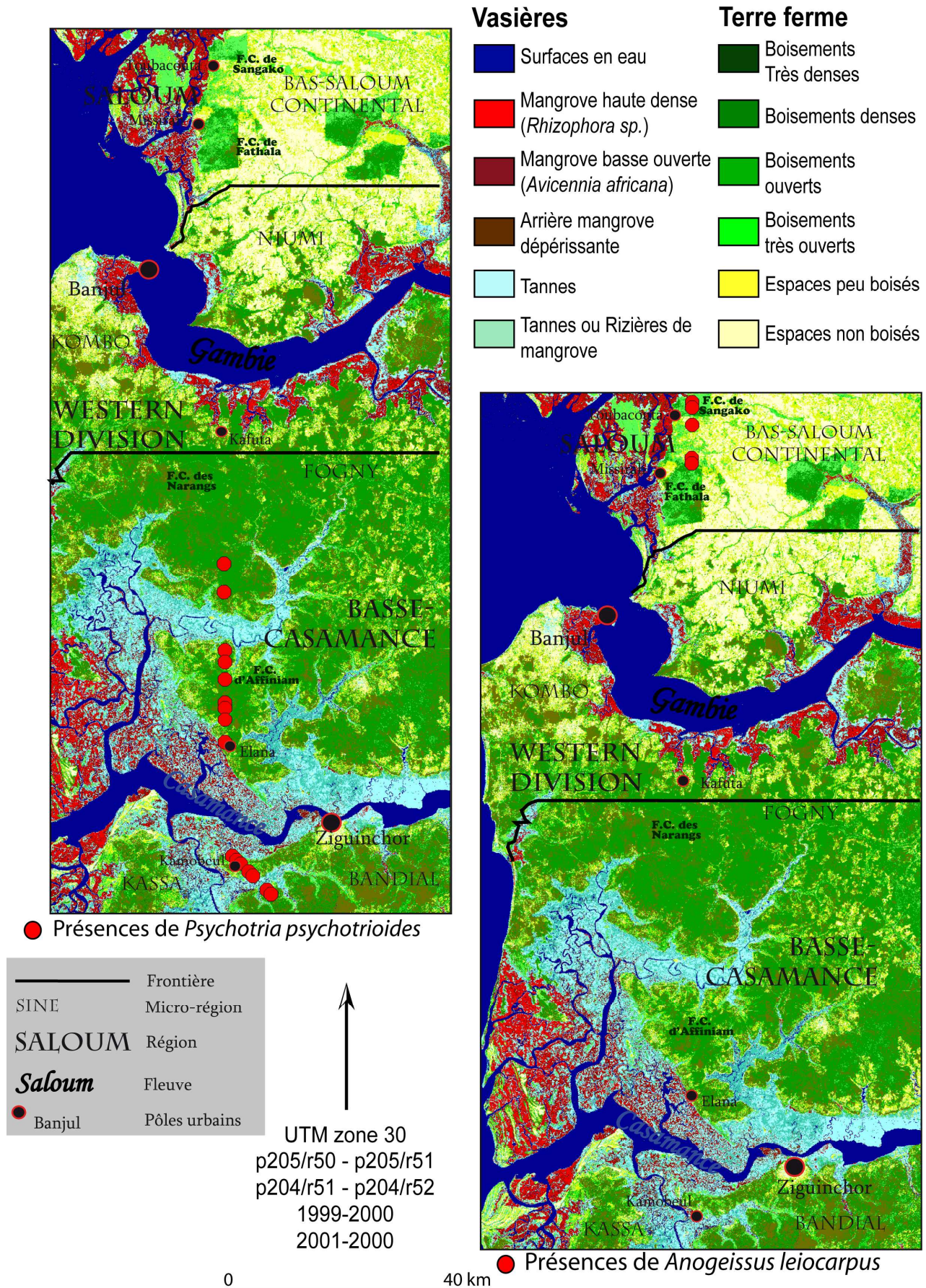


Figure 76 : Distributions de *Psychotria psychotrioides* et d'*Anogeissus leiocarpus*



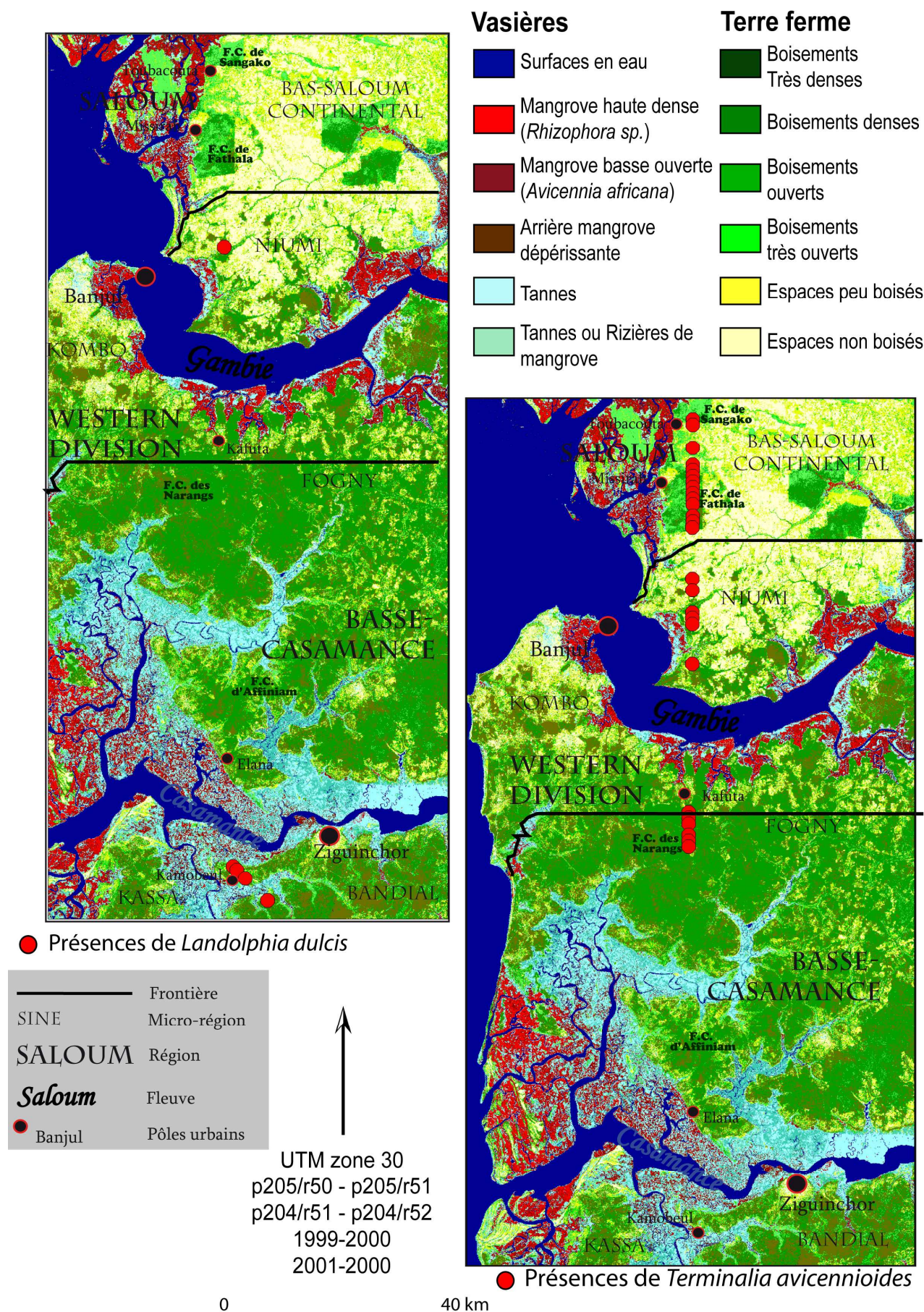


Figure 77 : Distribution de *Landolphia dulcis* et de *Terminalia avicennioides*



En dehors de l'effectif, c'est bien la répartition des présences qui constitue la principale information et la question qui motive l'analyse de chaque distribution est donc bien : pourquoi l'espèce est présente ici ?

Pour qu'une espèce soit présente il faut :

- Qu'une graine puisse être produite et déposée pendant qu'elle est encore viable.
- Que le milieu dans lequel elle a été déposée lui permette de se développer.
- Qu'elle ne soit détruite (prédation, accident, etc.) ni sous forme de graine, ni de plantule ni de plante
- Qu'elle ne soit pas concurrencée par les autres espèces.

La figure 75 permet d'illustrer une distribution géographique particulière (optimum écologique ?) avec, en s'éloignant de cet optimum, des présences de moins en moins importantes. Dans le cadre d'un gradient écologique (ici climatique) où un extrême du gradient est contraignant et l'autre favorable pour la très grande majorité des végétaux, la limite « contraignante » est une limite écologique où les présences se font plus rares au fur et à mesure que les conditions sont plus contraignantes pour l'espèce. De l'autre côté du gradient, les espèces exigeantes mais adaptées à la concurrence (ici les mésophiles, guinéennes) sont de plus en plus présentes et une espèce résistante à la sécheresse qui peut se développer sous climat favorable y est souvent limitée vers l'extrémité « non contraignante » du gradient par la concurrence interspécifique.

En réponse à ces règles les espèces possèdent parfois des distributions particulières. Les figures 76 et 77 montrent des exemples de distributions particulières : septentrionales ou méridionales. *Anogeissus leiocarpus* (figure 76b) apparaît très septentrionale sur le transect. Cette espèce soudanienne (soudano-sahélienne ?) est présente au nord de la forêt classée de Fathala alors que *Terminalia avicennioides*, (figure 77b) tout aussi significativement septentrionale par d'importantes présences dans la moitié nord et une absence totale dans la moitié sud trouve, dans le Fogny, une niche où elle n'est pas concurrencée par les espèces guinéennes.

De façon parallèle, *Psychotria psychotrioides* (figure 76a) apparaît comme une méridionale « pure », dans le sens où elle est, du sud vers le nord, de moins en moins présente jusqu'à être totalement absente. En comparaison, *Landolphia dulcis* (figure 77a) est une « fausse » méridionale dans le sens où elle est très présente à l'extrême sud du transect mais où elle peut être présente au nord, si elle y trouve des conditions similaires ici remplies par une palmeraie de bas fond.

Pour appréhender la diversité des centres de gravité des espèces, la diversité des modes de dispersion autour de ceux-ci, et surtout en raison de l'impossibilité de synthétiser ou d'analyser sans un outil statistique les répartitions des 152 espèces, nous utiliserons une succession d'analyses statistiques sur les tableaux de relevés. Deux types d'analyses statistiques ont été combinées (4.1.3.1) sur les données floristiques : les analyses factorielles, multivariées (4.1.3.2) et des analyses fréquentielles (4.1.3.3).

### 4.1.2.1. Chaîne de traitement

La diversité de ces analyses ainsi que leur complémentarité nécessite la mise en place d'une articulation entre celles-ci sous la forme d'analyses en chaînes (Lecompte, 1986 ; Alexandre, 1994 ; Génin, 1995 ; Andrieu, 2002). L'articulation choisie est celle préconisée par Godron (1984) d'étudier d'abord les relations végétation milieu de façon synthétique où les analyses multivariées occupent une place importante, puis de façon analytique, en s'appuyant sur des analyses fréquentielles.

Dans un premier temps l'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.) permet une appréhension synthétique des tableaux de données. D'abord l'A.F.C. permettra de répondre aux questions suivantes :

- Quelles sont les principales oppositions floristiques ?
- Quel type de structure spatiale l'A.F.C. met-elle mettre en évidence.

Ensuite, l'Analyse Canonique des Correspondances ACC pour répondre aux questions suivantes :

- Quels descripteurs sont réellement des facteurs d'organisation de la flore ?



Dans un deuxième temps, une fois la vue globale des présences d'espèces étudiée via les analyses multivariées, l'approche synthétique laisse place à une approche analytique qui va s'intéresser à la distribution des espèces une à une. Pour cela sont examinés les résultats des analyses fréquentielles, elles-mêmes dans un ordre précis.

L'analyse de la répartition latitudinale des présences de chaque espèce s'appuie d'abord sur une sélection des espèces présentant une liaison significative avec au moins un descripteur latitudinal, ces espèces étant ordonnées selon leur centre de gravité. Cette analyse répond aux questions suivantes :

- Quelles sont les espèces les plus typiquement septentrionales / méridionales / centrales ?
- Les latitudes où une espèce est significativement voire très significativement présente sont-elles en concordance avec leur centre de gravité (distribution restreinte avec une forte polarité latitudinale) ou discordance (espèces à pseudo polarité latitudinale ou à polarité nuancée par une large amplitude de présences) ?

L'analyse des quantités d'informations liées au début et à la fin de présence sur le transect complète ce portrait de la répartition latitudinale des espèces. Elle répond à la question suivante :

- Quelles sont les espèces qui sont clairement limitées à une partie du transect ?
- A quel niveau s'arrêtent-elles ?
- Plusieurs espèces s'interrompent-elles au même niveau ?

Ensuite le test des pleins et des déliés (ou de creux et des bosses) vient permettre de peser pour chaque espèce du caractère micro-hétérogène ou macro-hétérogène de sa distribution. Il répond à la question suivante :

- Quelles espèces sont réparties en fonction des principaux gradients régionaux et quelles espèces sont sensibles aux variations écologiques de grande échelle ?

Enfin on développe les analyses des correspondances entre les présences et absences des espèces et les descripteurs écologiques pour répondre aux questions suivantes ?

- Quelles espèces sont réparties en fonction du gradient climatique ?
  - Nord – sud
  - Littoral – contint
- Quelles espèces sont réparties en fonction de la topographie ?
  - Bas fond – interfluves
  - Sols salés – sols non salés
- Quelles espèces sont réparties en fonction des types de paysages ?
- Quelles espèces sont réparties en fonction de la proximité des villages ?

### 4.1.2.2. Analyses multivariées

#### *Analyse Factorielle des Correspondances*

Nous utiliserons pour le traitement des données floristiques l'Analyse Factorielle des Correspondances : A.F.C. Cette technique étant connue nous renvoyons aux ouvrages classiques qui la présentent (Benzécri, 1973 ; Sanders, 1990 ; Legendre, et Legendre, 1998). Son application aux études floristiques a fait l'objet de nombreux travaux (Dagnelie, 1960 ; Roux et Roux, 1967 ; Romane, 1972). L'application propre aux relevés enchaînés le long d'un transect d'échelle régionale en est une forme légèrement particulière utilisée plus récemment (Lecompte, 1986 ; Alexandre, 1994 ; Génin, 1995 ; Alexandre *et al.*, 1999 ; Alexandre *et al.* 2002 ; Andrieu, 2002).

Dans un deuxième temps nous utilisons, pour mettre statistiquement en relation les descripteurs écologiques et les données floristiques, l'Analyse Canonique des Correspondances : A.C.C.

L'analyse factorielle des correspondances offre une hiérarchisation des facteurs organisateurs de la répartition de la flore. L'A.F.C. offre trois indicateurs généraux de hiérarchisation des facteurs. Il s'agit de la valeur propre, des coefficients de corrélation canoniques et des pourcentages d'inertie des axes factoriels. Chaque facteur de l'analyse est, à partir de là, interprété en fonction des facteurs écologiques qui paraissent ressortir. L'analyse factorielle donne aussi un certain nombre de statistiques de description du nuage de points en  $n$  dimensions et des axes factoriels qui leur sont associés. Une fois identifiées les oppositions spatiales opérées par l'A.F.C., on examine quelles espèces contribuent le plus fortement à la variance attachée à chaque facteur. Ensuite on peut examiner pour chaque plan factoriel, si l'on y décèle des groupes bien distincts, de multiples continuums d'un groupe d'espèces à l'autre, ou un continuum unique. On peut étudier la structure spatiale des facteurs pour voir si des oppositions locales fortes ou au contraire une variation graduelle, continue.

### *Analyse Canonique des Correspondances*

Avec une construction identique à l'A.F.C., l'A.C.C. permet, en plus, de mesurer l'importance des facteurs externes (ici facteurs climatiques, topographique anthropique...). Deux tableaux sont nécessaires à l'A.C.C. Le premier, déjà présenté est le tableau en absence présence. Statistiquement nommé tableau de contingence. Le second est le tableau de variables explicatives.

Il s'agit de créer une matrice correspondant au tableau de contingence par pondération par le total marginal de chaque ligne sur le tableau des variables explicatives. On effectue ensuite une régression linéaire multiple de chacune des colonnes de la matrice, ce qui permet d'obtenir, ainsi, une deuxième matrice. Une Analyse en Composantes Principales est effectuée sur cette dernière matrice, ce qui permet de « concentrer l'information sur les variables principales (appelées aussi canoniques) responsables des allongements les plus forts du nuage de points ». (Alexandre, 1994) Il sera ainsi possible d'étudier les liens entre les variables et les axes factoriels apportant ici une dimension phytoécologique et non plus seulement phytogéographique.

Le choix des variables (ici les descripteurs écologiques) étant subjectif ainsi que celui des modalités dont le nombre doit être relativement restreint pour faciliter la réalisation informatique de l'A.C.C. Il est utile de tester cette pertinence. La méthode consiste à comparer l'A.F.C. et l'A.C.C. selon deux critères : le calcul des rapports et le comparaison des nuages de points.

### 4.1.2.3. Analyses fréquentielles

Les applications de la théorie de l'information aux analyses fréquentielles de la répartition des espèces végétales ont été développées à Montpellier au Centre d'Etudes Phyto-Ecologiques (Godron, 1966 ; Godron, 1967 ; Godron, 1968 ; Godron, 1971 ; Godron, 1982 ; Daget et Godron, 1982). Il ne s'agit pas ici non plus de présenter les algorithmes des analyses fréquentielles mis en place par Godron mais seulement d'en faire comprendre les principes et intérêt pour la discussion qui est ici menée sur la prise en compte de l'information floristique dans une étude sur la dégradation des paysages<sup>41</sup>.

Dans le cadre de la théorie de l'information, moins un événement est probable, plus sa connaissance contient d'information. C'est donc à partir de l'entropie que l'on calcule l'information. Ainsi, celle que l'on obtient au regard de la distribution d'une espèce est la différence entre l'entropie du système, et son entropie *a posteriori*, calculée en shannons.

La théorie de l'information appliquée aux analyses fréquentielles offre nombreuses possibilités d'analyses à la fois différentes et complémentaires. Une analyse combinée de l'ensemble de ces analyses est nécessaire, il s'agit là d'une démarche très analytique dans la mesure où chaque analyse offre une

---

<sup>41</sup> Une fois encore, à l'instar des algorithmes de classification en télédétection ou de ceux des analyses multivariées, mon travail ne vise en rien des progrès de la recherche en statistiques. L'originalité de ce travail réside au mieux dans la combinaison de différentes techniques qui n'ont pas été mises en place par moi et qui ont été publiées par ailleurs.

information sur chaque espèce. Les utilisateurs de ces traitements parlent de cascade d'informations. Chaque calcul d'information affine progressivement la compréhension des modalités et des facteurs de distribution des espèces.

Nous utiliserons ici une cascade assez courte et simple constituée de trois ensembles d'analyses :

- les analyses de la distribution de l'ensemble des espèces :
  - courbe aire-espèce,
  - limite optimale,
- les analyses de distribution des espèces une à une :
  - informations de début et de fin d'espèces,
  - liaisons avec la latitude,
  - teste des pleins et des déliés,
- les analyses des liaisons entre les espèces et les descripteurs écologiques termineront cette cascade d'information.

### *Début et fin de présence sur le transect*

La première analyse spatiale qu'offre la théorie de l'information appliquée aux analyses fréquentielle est le **calcul de l'information acquise par l'étude de la présence la plus au nord et la plus au sud de chaque espèce sur le transect**, soit si on « lit » le transect depuis le nord vers le sud, le début de la présence et de la fin de la présence sur le transect.

**L'information « début de présence sur le transect »** est donc une mesure de méridionalité des espèces (donc en quelque sorte de leur appartenance à la flore guinéenne). Pour présenter une forte information, une espèce doit combiner un grand nombre de présences dans une petite portion du transect. Prenons un premier exemple du premier algorithme qui sera utilisé ci-dessous, l'information de début de présence sur le transect. Le principe général est le suivant : si une espèce est présente 30 fois sur 102 relevés elle est probablement présente sur une grande part du transect. La probabilité qu'elle soit localisée sur les 30 derniers relevés est très faible, la probabilité qu'elle soit présente sur les 40 premiers relevés bien qu'encore très faible est supérieure etc. Si une espèce à 30 présences est localisée dans les 35 premiers relevés constituent un évènement très peu probable qui apporte donc une grande information. De la même façon, si une espèce se localise dans les 35 premiers relevés, sa probabilité qu'elle connaisse 35 présences dans les relevés suivants est très faible, la probabilité qu'elle connaisse 20 présences est largement supérieure etc.

Pour expliciter le calcul, prenons un exemple concret : *Uvaria chamae* apporte 46,8 shannons parce qu'il présente 41 présences sur les 59 relevés les plus méridionaux. Cette espèce est très fréquente, et elle est présente sur un peu plus de la moitié sud du transect. Cette distribution très méridionale est particulière en ce qu'elle correspond à un évènement très peu probable ; l'information qu'apporte sa réalisation est donc très grande : l'espèce est statistiquement très significativement méridionale.

Si l'on calcule l'information « fin de présence » on peut mettre en évidence le caractère plus ou moins septentrional des espèces.

Cependant la prise en compte simultanée de la fréquence et de la première présence constitue une faiblesse de cet indicateur. En effet, une même information peut ainsi être attribuée à deux distributions très différentes. Aussi, ce calcul doit être associé à d'autres calculs d'informations pour être plus efficace.

Par exemple : une espèce très peu fréquente et très méridionale peut présenter une information de début de présence égale à celle d'une espèce fréquente et moyennement méridionale. Par exemple *Vismia guineensis* et *Smilax anceps* constituent une information quasi identique alors que *Vismia guineensis* est présent deux fois sur les trois relevés les plus méridionaux et *Smilax anceps* 26 fois sur les 82 relevés les plus méridionaux.



*Information de liaison avec la latitude*

La théorie de l'information appliquée aux analyses fréquentielles offre, en effet, au biogéographe d'autres analyses de la localisation sur le transect, comme ici, celle de la localisation latitudinale. La probabilité élémentaire à calculer est celle de la table de contingence entre la présence ou l'absence de l'espèce et les différentes classes latitudinales où se localisent les relevés. L'information calculée est celle apportée par la connaissance du nombre de présences de chaque espèce dans chaque classe latitudinale.

La probabilité de réalisation d'une table de contingence telle que celle-ci

	Etat 1	Etat 2	total
Nombre de présences de x	a	b	a+b
Nombre d'absences de y	c	d	c+d
Total	a+c	b+d	n

**Tableau 4 : tableau de contingence présence - descripteur**

Ainsi, on obtient la table de contingence des répartitions latitudinales d'*Anogeissus leiocarpus* (tableau 5):

	Plus de 13,64°N	13,639 à 13,44°N	13,439 à 13,18°N	13,179 à 13,05°N	13,049 à 12,91°N	12,909 à 12,73°N	Moins de 12,729°N	Total
Nombre de présences de <i>Anogeissus</i> L.	5	0	0	0	0	0	0	5
Nombre d'absences de <i>Anogeissus</i> L.	10	15	15	15	15	15	12	97
	15	15	15	15	15	15	12	102

**Tableau 5 : tableau de contingence *Anogeissus leiocarpus* – latitude**

L'information liée à la répartition d'*Anogeissus leiocarpus* au sein des 7 intervalles latitudinaux est très significative car sa distribution est d'une probabilité inférieure à 1/1000:

Ensuite, les espèces sont triées en fonction du barycentre de leurs présences sur le transect. Seules les espèces significativement liées à au moins une classe latitudinale sont ici présentées, le seuil de sélection était celui d'au moins une liaison supérieure à 7 shannons soit 0,01.

*Le test des pleins et des déliés*

Le test des pleins et des déliés calcule, pour des segments de transect de taille voulue, la fréquence de l'espèce et en déduit l'information apportée par la connaissance de la fréquence de chaque espèce à chaque segment du transect. L'originalité est que la navette (on pourrait dire fenêtre), au sein de laquelle on calcule la fréquence locale, se déplace d'un relevé et recalcule la fréquence locale qui ne varie donc que de deux relevés. Nous avons donc une synthèse de la variation de fréquence locale des espèces le long du transect qui permet de mettre en valeur les secteurs où les espèces sont significativement fréquentes. Une navette de petite taille (deux relevés) lissera très légèrement les accidents de la liste des présences et absences le long du transect. En revanche, une navette de grande taille (101 relevés) lissera très fortement les accidents pour mettre en évidence les grands ensembles de présences des espèces. Dans la mesure où l'on projette l'information incluse dans sur l'ensemble des relevés de la navette, en fonction de la répartition des présences et des absences au sein de la navette, il est même possible de calculer des navettes très grandes, nous présenterons ici le résultat de ce calcul avec une navette de 101 relevés. Le résultat de la

fonction se présente sous une valeur d'information positive ou négative pour chaque espèce pour chaque relevé, pour chaque taille de navette demandée.

Pour mieux expliciter ce résultat développons deux exemples : *Ficus wallis-choudæ* est présent trois fois sur le transect. Ces trois relevés sont inclus dans les quatre relevés les plus au sud du Boulouf, dans les latitudes les plus méridionales. D'une part la présence de trois relevés sur trois se situant dans le même ensemble de 12 relevés que 102, correspond à une liaison significative (probabilité entre 0,01 et 0,001). D'autre part son centre de gravité à la limite sud du Boulouf en fait l'espèce au centre de gravité plus méridional.

*Ficus natalensis* est présent 5 fois. Quatre présences se situent dans les 12 relevés les plus méridionaux ce qui correspond à une liaison plus significative que les trois présences de *Ficus wallis-choudæ*. La probabilité de ces quatre présences correspond à une probabilité inférieure à 0,001. Or la cinquième présence de *Ficus natalensis* se situe sur le premier relevé de la rive Sud de la Gambie, plusieurs dizaines de km plus au nord. Son centre de gravité est donc plus porche du centre du transect que ne l'était *Ficus wallis-choudæ*

### Information des liaisons avec les descripteurs écologiques

L'information des liaisons avec les descripteurs écologiques repose sur la même algorithme que celui développé plus haut pour les liaisons avec la latitude. Il sera appliqué pour l'ensemble des espèces sur l'ensemble des descripteurs et permettra de distinguer les espèces étroitement liées à des descripteurs de pluviosités et/ou à certains types de paysages de sorte à utiliser ces connaissances dans les interprétations de coupes de végétation autour des villages et sur les secteurs de changement.

#### Statistiques appliquées aux données floristiques (4.1.2)

Une chaîne de traitement est nécessaire pour aborder la complexité de la répartition du cortège d'espèces étudié. La chaîne mise en place croise des analyses factorielles (A.F.C. et A.C.C.) et des analyses fréquentielles pour décrire la distribution globale des espèces et l'analyse de la distribution de chaque espèce permettra en outre de déterminer l'importance des liens qu'elle entretient avec le climat et les paysages.

#### Analyse floristico-écologique (4.1)

Pour synthétiser la présentation de l'analyse floristico-écologique, on peut dire que l'enjeu est ici de tester des méthodes (tant de récolte que de traitements) qui ont été jusqu'ici employées autour du bassin méditerranéen. Si ces traitements, portent leurs fruits, il sera possible de répondre à deux questions : La géographie de la flore est-elle plutôt concordante avec la géographie du climat ou avec celle des paysages ? Quelles espèces, par une liaison très forte avec le paysage, risquent d'être menacées par une évolution de ceux-ci ? Quelles espèces, par une liaison très forte avec le climat risquent d'être menacées par une évolution de celui-ci et de faire changer en retour les paysages eux-mêmes ?

## 4.2. Analyse sur le terrain des paysages en changement

La deuxième analyse biogéographique est celle qui concerne la cinématique de la végétation et la dynamique des paysages. Dans le schéma méthodologique global, elle se replace dans la deuxième partie, qui vise la description de la cinématique des paysages. En effet, si pour établir et décrire cette cinématique, la première et principale approche des évolutions des paysages est effectuée par le biais des images satellites, une part importante en est également effectuée sur le terrain. Les objectifs (vérifier

et compléter les informations issues des traitements d'images) et l'approche seront d'abord définis (4.2.1) avant de préciser les techniques de relevés qui ont été mise en place pour ce point de l'étude (4.2.2) et les analyses qui leur sont appliquées (4.2.3).

## 4.2.1. Objectifs et réalisation

Si la détection et la cartographie des changements s'effectuent par une analyse d'images satellite, quels peuvent être les objectifs d'une telle analyse ? Nous préciserons d'abord quels sont les objectifs de ces relevés de terrain et de leur analyse : vérifier et compléter la connaissance des principaux types de changement (4.2.1.1). Ensuite nous discuterons des contraintes (4.2.1.2) et des solutions apportées pour traiter au mieux cette question (4.3.1.3)

### 4.2.1.1. Objectifs

L'analyse multitemporelle des images satellites a permis de caractériser chaque point de l'espace qu'il soit en vasières ou en terre ferme comme :

- des zones où la couverture végétale n'a été observée à aucune date,
- des zones où la couverture végétale était présente aux trois dates,
- des zones où la couverture végétale, présente en 1979, n'est plus présente ni à la fin des années 1980 ni au début des années 2000
- des zones où la couverture végétale, présente en 1979 et à la fin des années 1980, ne l'est plus au début des années 2000
- des zones où la couverture végétale, présente en 1979, n'est plus présente à la fin des années 1980 pour réapparaître au début des années 2000
- des zones où la couverture végétale absente en 1979, est présente à la fin des années 1980 ainsi qu'au début des années 2000
- des zones où la couverture végétale, absente en 1979 et à la fin des années 1980, est présente au début des années 2000
- des zones où la couverture végétale, absente en 1979, est présente à la fin des années 1980 pour disparaître au début des années 2000.

Les cartes établies mettent donc en évidence des secteurs ayant connu des déboisements (altérations, dépérissement ou déforestation) ainsi que des secteurs ayant connu une progression ou régénération du couvert ligneux entre les trois dates suffisamment visibles pour apparaître sur des images de télédétection de moyenne résolution spatiale. Ces cartes présentent des espaces plus ou moins continus ou plus ou moins fragmentés d'une même cinématique. Nous appellerons « tache de régression » ou « tache de progression » des secteurs continus ou faiblement fragmentés.

L'objectif de cette analyse est double. Premièrement il s'agit de vérifier que cette cartographie est juste. Pour cela des relevés sont effectués dans un nombre significatifs de secteurs cartographiés tant en changement qu'en stabilité et de chercher à démontrer qu'ils ont connu un changement ou une stabilité entre la fin des années 1970 et le début des années 2000. Cependant, bien que cette tâche présente déjà un certain nombre de difficultés, cet objectif est loin d'être suffisant pour mener à bien notre objectif global, qui est d'établir un bilan précis, complet et nuancé des évolutions des paysages pour débattre de l'importance des phénomènes de dégradation. Ainsi, le deuxième objectif de cette mission est d'établir une typologie des changements, et de savoir si un certain nombre de processus de changements apparaissent récurrents.

Ainsi, la démarche de terrain, pour confirmer et compléter les informations apportées par la carte des changements dans l'occupation du sol, s'est appuyée sur cette carte. Il s'est agi de collecter un nombre suffisant de relevés de végétation interprétables pour comprendre l'ensemble des changements cartographiés



par télédétection. Chaque relevé doit permettre de collecter assez d'information pour comprendre le changement cartographié en un lieu donné.

Il s'agit par ailleurs, en tenant compte du débat sur la concordance entre paysage et flore et le rôle que cela joue dans les processus de changements (5.2) de redonner une dimension botanique aux changements cartographiés. En outre, les connaissances sur l'écologie des espèces acquises dans l'analyse du transect sont utilisées ici dans l'interprétation du volet floristique de ces relevés de terrain.

**Nota bene :** Cette procédure est appliquée deux fois. Cette même procédure de relevé est réutilisée dans le cadre de l'analyse exhaustive des paysages de chaque finage villageois enquêté et de leurs changements.

### 4.2.1.2. Limites de la carte concernant la vérité-terrain et redéfinition des objectifs

L'ensemble des relevés est basé sur un échantillonnage de l'ensemble de la zone. Il est par ailleurs stratifié pour étudier dans les mêmes proportions les différents types de changement (progression, régression et stabilité ; des vasières et de la terre ferme) la confrontation à la réalité du terrain qui en résulte nécessite un grand nombre de relevés longs à réaliser (surtout compte tenu des distances à parcourir et de l'inaccessibilité de certains espaces (îles, grands massifs forestiers sans voies de communication etc.). Or, l'ensemble des changements, si l'on tient compte des trois dates de prise de vue, constitue un grand nombre de cinématiques, démultipliant encore les relevés. Dans la mesure où il est nécessaire d'aller au-delà d'une simple vérification de la présence ou de l'absence d'un boisement, les relevés sont assez longs à effectuer et la mission de terrain, trop courte n'aurait pas permis d'effectuer un nombre suffisant de relevés par cinématique. Nous avons donc décidé, pour alléger le dispositif de terrain, de nous focaliser sur la carte des changements entre la fin des années 1970 et le début des années 2000 sans tenir compte de l'étape intermédiaire, pour diminuer le nombre de cinématiques.

Or, pour vérifier et compléter les informations issues de la carte des changements, entre ces deux dates, il faut avoir à l'esprit les limites de la carte au regard des informations issues du terrain. Dans quelle mesure peut-on confronter une tache de changement au terrain ?

1. Les termes de régression, progression ou stabilité qui s'appliquent aux images ne signifient que le passage du seuil des 30 % de boisement. Ainsi un secteur cartographié comme « stable » peut révéler des changements profonds sur le terrain, non seulement en raison des fluctuations du taux de boisements supérieurs au seuil de boisement ici retenu mais aussi des changements non enregistrés dans l'état de surface, comme par exemple un sous-bois sous un couvert forestier continu. A l'inverse, un changement non significatif peut modifier considérablement l'état de surface et créer artificiellement l'impression d'un changement majeur. C'est le cas par exemple des arrière-mangroves dépérissantes où les végétaux sont, ou non pourvus de feuilles en fonction des variations de salinité des sols. Ces formations peuvent très rapidement passer d'un état couvert à plus de 30% de ligneux en activité à un état où à quasi aucune couverture ligneuse n'est en activité. Ce qui peut également s'inverser très rapidement par rejet de souche et régénération.
2. La tâche de changement ne constitue pas forcément un phénomène homogène sur toute sa surface. Par exemple : une tache de progression peut être composée de types de surface, l'une replantée, l'autre en friche, juxtaposées et apparaissant comme une tâche unique de progression...
3. Temporairement, les taches de changement, au pas de temps où elles sont cartographiées, peuvent n'être qu'un reflet biaisé des changements réels des paysages. Une étude diachronique entre deux dates espacées de 20 à 25 ans pose la question du pas de temps. Les évolutions entre les deux images peuvent n'avoir pas été progressives ni linéaires. L'amplitude temporelle d'analyse est de 20 à 25 ans l'image dite « récente » peut dater de 2 à 6 ans. Or la « vérité-terrain » est bien celle d'aujourd'hui. Ainsi, dans

un certain nombre de cas, la cartographie des changements est-elle difficile à mettre en relation avec l'état, observé sur le terrain qui a déjà changé depuis la prise de vue « récente » dans la mesure où les observations de terrain ont été faites 5 à 6 ans après la dernière prise de vue.

Par exemple, une coupe forestière postérieure à la première prise de vue et laissée à l'abandon présentera une apparente régénération d'une dizaine d'années sur l'image ce qui, dans un milieu assez favorable, pourra correspondre à une formation dense, cartographiée comme couvert ligneux. Cette même formation aura connu une quinzaine d'années de cinématique progressive et sera cartographiée comme une forêt stable depuis la prise de vue des années 1980. Une forêt présente lors des deux prises de vues peut subir un feu important ou une coupe forestière entre la deuxième prise de vue et le relevé de terrain. L'ensemble des espaces agricoles connaissant un assolement ne sont enfin que très mal décrits par des pas de temps si importants.

Ces limites méthodologiques, et le besoin d'informations les plus précises possibles pour identifier le type de changement nous ont poussé à ne pas nous en tenir à la vérification des termes précis du résultat de l'analyse diachronique d'image. L'optimisation de cette confrontation passe, en effet, par une observation plus détaillée permettant de mettre en évidence la cinématique de la végétation.

#### 4.2.1.3. La prise en compte de la cinématique de la végétation

La cinématique de la végétation au sens stricte, biologique, est la succession des espèces donc des physionomies de la végétation en un lieu. La cinématique progressive est la succession depuis un sol nu vers une formation la plus en équilibre possible avec le milieu (tel qu'il est présent sur le moment), en liaison avec l'aptitude de la végétation à construire des formations denses et relativement stables. La cinématique régressive est, sous l'effet d'une action régulière ou répétitive qui détruit progressivement la végétation (surpâturage, coupe, feux répétés), la succession depuis cette végétation en équilibre relatif avec le milieu vers une végétation très ouverte voire un sol nu.

Reconnaître la cinématique en cours en un lieu donné est donc le meilleur moyen pour connaître les évolutions du paysage. Les études des cinématiques de végétation des secteurs ayant connu des cinématiques remarquables (disparition, apparition ou maintien du couvert arboré) doivent, par la description d'un certain nombre d'individus végétaux, produire la description de la cinématique végétale. Elles doivent aussi permettre ainsi la connaissance de l'histoire récente de la végétation de ce site, la compréhension du facteur de changement, et ouvrir certaines perspectives (le secteur déboisé connaît-il une régénération ? le maintien de la forêt est-il durable ?).

Pour cela, les analyses de terrain ont pour objet d'estimer l'âge des éléments du paysage afin d'estimer l'état du couvert végétal lors de la prise de vue « récente », quelquefois lors de la prise de vue « ancienne » et de connaître les évolutions récentes entre la dernière prise de vue et le relevé de terrain. Pour arriver à un tel résultat, sont relevées toutes les informations pertinentes sur les individus végétaux compris dans l'échantillon, tout particulièrement ceux permettant d'estimer l'âge de l'arbre. Ces relevés permettent une description des physionomies, un relevé systématique des actions humaines et une connaissance de la cinématique végétale (âge des formations, taux de régénérations, accidents démographiques...). Pour les mangroves, ils permettent même une synthèse du cadre physique (largeur de l'estran, pente, salinité...).

La description d'un peuplement végétal qui a disparu n'étant bien évidemment pas possible avec les moyens techniques à disposition, les relevés concernant les secteurs en disparition mettront l'accent sur la recherche d'indices pour la compréhension du phénomène, par exemple, en étudiant ce qui reste de la végétation car la formation végétale voisine pourrait être menacée dans le cas d'un front de déboisement.

Il sera considéré que certains indices suffisent à une interprétation directe. Nous pouvons donner ici quelques exemples :

- Un espace déboisé couvert de souches où les marques de haches sont visibles peut être interprété assez sûrement comme une coupe forestière.
- Un espace de vasière déboisé, en haut d'estran, occupé par un tanne avec une lisière de mangrove sénescente peut être interprété assez sûrement comme une zone de dépérissement de la mangrove.
- Un espace de progression de boisement de terre ferme où les arbustes sont tous de jeunes espèces de friches et où se retrouvent les sillons de précédentes mises en valeurs agricoles peut être interprété comme une jachère...

Les données récoltées ne font pas l'objet de traitement statistique. C'est ici une simple description qui est établie à partir de ces relevés. La restitution repose sur le commentaire de la photographie des paysages analysés. Sur les photographies sont mis en évidence les principaux indices observés sur le terrain. Elle repose également sur la constitution des coupes rétrospectives de la végétation (4.2.3)

Cette analyse a ses limites. Elles tiennent à la réalisation des relevés et à leur interprétation. Les relevés se situent à une échelle très locale et risquent de ne pas être représentatifs de l'ensemble de la tache de changement. Les informations généralisées à l'échelle de la tâche peuvent-ils l'être pour les taches alentours ? Enfin, même si les causes et les processus de changement sont identifiés, il est nécessaire d'effectuer une enquête dans les villages alentours sur les cinématiques sociales qui sont liées à ce changement. En effet, la plus grande partie de ces changements reposent sur des transformations plus ou moins profondes des systèmes ruraux, que ces transformations soient provoquées par les changements du milieu ou par les changements socio-économiques (Cf. 4.3 pour la méthode, 8 pour les résultats).

Une fois l'ensemble des types de changement des paysages étudiés au moyen de ces relevés, il sera donc possible d'établir une liste des principales cinématiques des paysages. Chacune de ces cinématiques devra ensuite être étudiée pour en définir la force motrice et de passer ainsi de la cinématique à la dynamique des paysages.

### Objectifs et réalisation (4.2.1)

La confrontation de la carte des changements de l'occupation du sol à la réalité du terrain doit permettre non seulement de la valider mais de la compléter, notamment en dressant une première liste de cinématiques des paysages. En effet, on ne peut se contenter de confirmer la justesse de la carte. Il s'agit également de comprendre le changement. Pour cela on a choisi de reconstituer la cinématique de la végétation qui par la richesse de l'information par espèce et en s'appuyant sur des règles connues des processus d'évolution de la végétation, permet de passer de faire correspondre à chaque type de changement un certain nombre de cinématiques qui seront par la suite étudiées. Les techniques de reconstitution de la cinématique de végétation sont décrites ci-après.

### 4.2.2. Techniques du relevé ponctuel de végétation

Comment établir une liste de cinématique en confrontant la carte des changements à la réalité du terrain ? Il s'agit tout d'abord d'établir une stratégie d'échantillonnage (4.2.2.1). Il s'agit ensuite de récolter les données nécessaires à l'établissement de la cinématique de la végétation, ce qui permettra de vérifier la carte et de compléter la connaissance du changement (4.2.2.2), le point le plus délicat et discutable de cette approche étant l'estimation de l'âge des arbres (4.2.2.3).



#### 4.2.2.1. Echantillonnage

L'ensemble des relevés est basé sur un échantillonnage de l'ensemble de la zone stratifié en fonction des thèmes de la carte des changements entre la fin des années 1970 et le début des années 2000.

Pour chaque type de cinématique, un nombre suffisant de relevés de paysages interprétables doit être effectué pour comprendre les changements cartographiés par télédétection. Nous avons fixé dix relevés par cinématique comme étant le seuil minimum pour commencer à appréhender les dynamiques sous-jacentes aux changements cartographiés. Les relevés sont répartis proportionnellement à l'importance de la cinématique au sein de chaque sous-région. Pour cela l'échantillonnage a été stratifié en fonction des cinématiques potentielles.

A cette étape des travaux, la seule information que l'on possède quant à l'échelle des phénomènes de changement est l'analyse spatiale de la carte. Or, cette analyse montre que c'est à l'échelle micro-régionale que s'agencent, dans l'espace, les différents types de changements dans les paysages (cf. 6.1). En effet chaque cinématique sur la carte connaît une densité et une répartition homogène à l'échelle d'une sous-région et différente d'une sous-région à l'autre. Par exemple, la régression des mangroves se retrouve seulement dans les îles du Gandoul et dans les secteurs à l'amont de la Casamance. Autre exemple, le Bas-Saloum (en terre ferme) présente des cinématiques très différents selon les sous-régions : dans le Sine la progression des boisements de terre ferme domine très largement ; dans le Bas-Saloum continental, c'est la régression des boisements de terre ferme qui domine. Ainsi, en attente d'une analyse précise de l'interpolation des données de réalité terrain ou d'une autre analyse exhaustive et plus précise des changements, il sera considéré que, si les deux à trois points de confrontation de la carte au terrain d'un même type de changement sont liées à une même cinématique, celle-ci pourra être généralisé au sein de la sous-région, et pas au-delà. En nous appuyant sur ce principe, nous échantillonnerons de sorte à étudier chaque changement, dans chaque sous-région où il apparaît important sur la carte des changements (figure 78).

Le choix des dix sites au sein des taches d'une même régression s'appuie sur un échantillonnage stratifié par sous-région. Pour chaque cinématique on définit par l'analyse de la carte et en fonction de la géographie des cinématiques la localisation des 10 sites étudiés. Au sein des sous-régions, proportionnellement à l'importance micro-régionale du type de changement, une à trois taches de changement sont choisies aléatoirement. Au sein de la tache de changement, le centre de gravité de la tache sera prise comme station étudiée dans le cas des taches de grande superficie.

Ainsi, l'échantillon de relevés de terrain comprend dix relevés de régression de mangrove, dix de progression de mangrove et dix de stabilité de mangrove. Les dix relevés de stabilité des mangroves ont été localisés au hasard au sein des secteurs cartographiés comme une mangrove stable entre les deux prises de vues : trois dans le Saloum, un en Gambie, trois en Casamance, deux dans le Rio Cacheu et deux sur le Rio Mansoa. Les dix relevés de régressions de la mangrove devaient permettre d'étudier les secteurs mis en évidence sur la carte. Ainsi, on a choisi un relevé dans le Nord Saloum pour étudier le déboisement dans la région entre tannes et mangroves, quatre dans le Saloum, deux en Gambie, trois en Casamance, un sur le Rio Cacheu et un sur le Rio Mansoa. Les dix relevés de progression de la mangrove devaient couvrir les différents secteurs : quatre dans le Saloum, (deux dans les îles du Saloum) un en Gambie, deux en Casamance, trois sur le Rio Cacheu (figure 78).

Ont aussi été effectués dix relevés de régression de boisement de terre ferme, dix de progression de boisement de terre ferme et dix de stabilité des boisements de terre ferme. Les dix relevés de stabilité de la terre ferme ont été localisés au hasard au sein des secteurs cartographiés comme un boisement stable entre les deux prises de vues : un dans le Sine, deux dans le Bas-Saloum continental, un en Gambie, un dans les Narangs, quatre en Casamance, deux dans le Nord Bissau-guinéen. Les dix relevés de régressions devant permettre d'étudier les secteurs mis en évidence sur la carte sont : deux dans le Bas-Saloum continental, deux en Gambie, trois en Casamance et deux dans le Nord bissau-guinéen. Les dix relevés de progression devant permettre d'étudier les secteurs mis en évidence sur la carte sont : un dans le Sine, deux dans le Bas-Saloum continental, deux en Gambien, deux en Casamance, trois dans le Nord bissau-guinéen (figure 78).

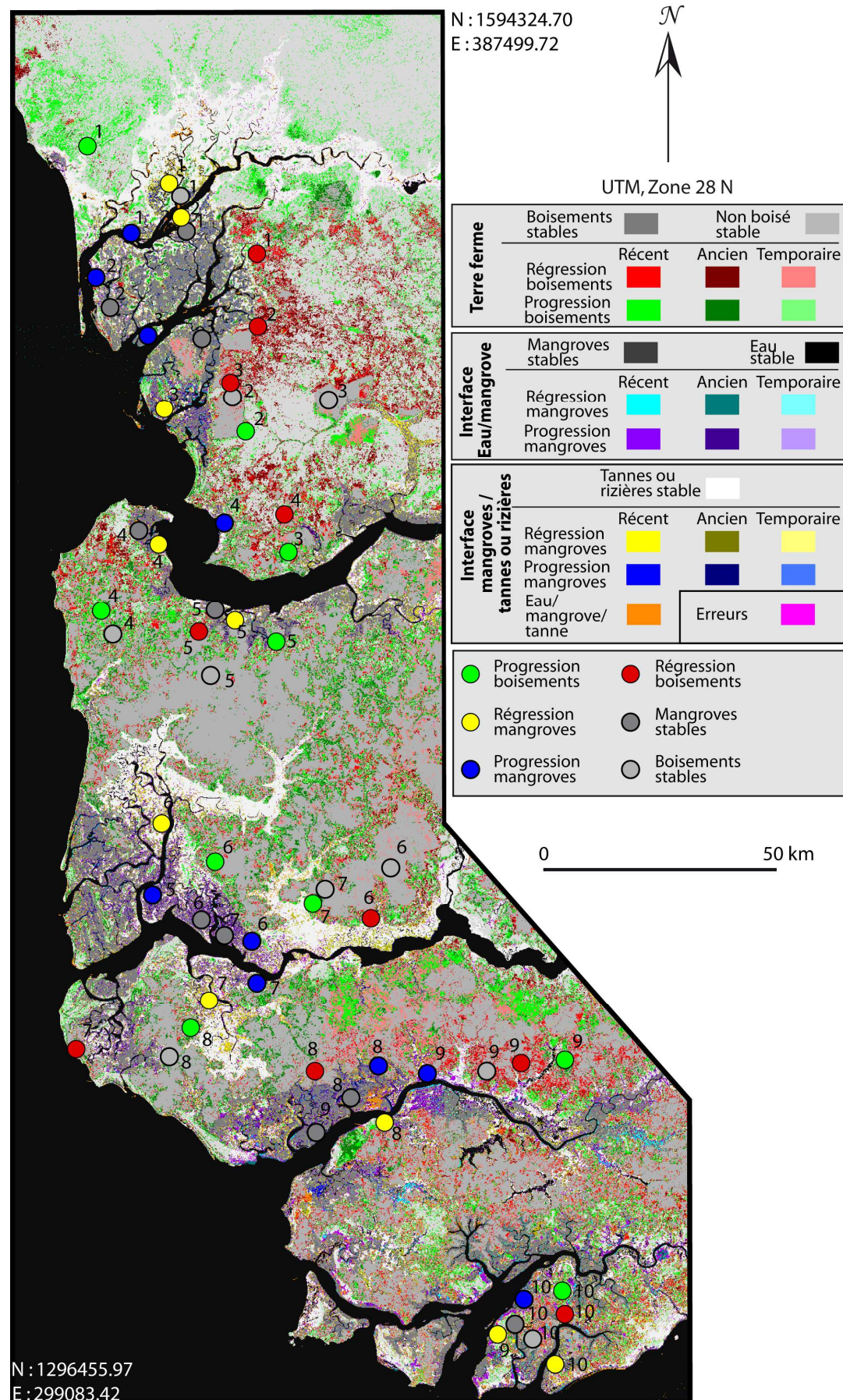


Figure 78 : Carte des points de relevés de réalité terrain de la carte des changements

#### 4.2.2.2. Mode de relevée

Le lieu de relevé est d'abord photographié. L'occupation du sol (présence d'un boisement inférieur ou supérieur à 30 %) est vérifiée et décrite le plus finement possible pour définir l'usage ou les usages. Une description botanique et physionomique de la végétation est ensuite effectuée (tableau 6).

Les marques dans le paysage d'une mise en valeur et/ou d'une exploitation sont notées. Cette étape est (dans la mesure du possible) aidée d'enquêtes auprès des populations locales permettant de définir précisément l'usage du sol.

Les indicateurs paysagers concernent les aménagements (digues, diguettes, sillons, haies...) aussi bien que l'exploitation (coupe à blanc, coupes d'éclaircies, élagage, prélèvements d'écorces, prélèvement de feuilles par les hommes, ou par les troupeaux de ruminants)....

Dans un troisième temps, nous recherchons des indices d'évolution pouvant confirmer ou infirmer la cinématique paysagère (marques d'incendies, présence de souche, estimation de l'âge des arbres).

#### *Echantillonnage au sein du peuplement végétal*

La végétation est bien un semis de points d'individus végétaux dont chacun peut être caractérisé par son espèce, son âge, sa physionomie. Ainsi, en dehors d'un peuplement parfaitement mono spécifique et parfaitement équienne, seule végétation homogène *stricto sensu*, la végétation est toujours constituée d'individus différents dont la diversité nous apporte des informations sur le milieu et les changements en cours.

Par ailleurs, les structures spatiales à l'échelle micro locale d'une végétation résultant de cet assemblage d'individus végétaux d'espèces et d'âges différents, varient notablement entre la mangrove et la végétation de terre ferme.

La mangrove présente une macro hétérogénéité dans la mesure où de grandes zones mono-spécifiques sont juxtaposées depuis le chenal vers la terre ferme. Ainsi lorsqu'on examine une toute petite zone, on trouvera très souvent un peuplement mono spécifique et parfois équienne. Cependant, les différentes zones constituent bien un complexe en co-évolution où les paysages peuvent changer de structure spatiale. Par exemple un massif à *Rhizophora sp.* peut se transformer en fourré à *Avicennia africana* si *Rhizophora sp.* ne se régénère plus sous lui même et qu'*Avicennia africana* occupe l'espace. En mangrove, l'échantillonnage des peuplements végétaux doit tenir compte de la relative macro-hétérogénéité. Les différentes formations végétales qui se juxtaposent doivent être prises en compte dans l'échantillonnage de la végétation. Ainsi le relevé de végétation se présente sous forme d'un transect depuis le chenal vers la limite haute de la mangrove (tanne, rizière ou terre ferme).

La végétation de terre ferme à l'échelle micro locale présente une hétérogénéité beaucoup plus grande, et les peuplements mono spécifiques et/ou équiennes sont beaucoup plus rares. Cependant deux placettes proches de quelques mètres ou de quelques dizaines de mètres peuvent présenter une assez grande similarité. En terre ferme, l'échantillonnage de la végétation doit être construit dans le cadre de cette micro hétérogénéité et se faire en un point dont on considèrera qu'il est représentatif de la végétation de la tache de cinématique. Le relevé s'effectuera sous forme de placette de circulaire de 100 individus végétaux échantillonnés en spirale.



**Dans le cas d'un boisement stable :**

Le but est de pouvoir confirmer que individus présents étaient ou n'étaient pas en mesure de couvrir 10 % du sol lors de la (des) prise(s) de vue antérieure(s) du satellite.

- Confirmer l'ancienneté du boisement.
  - Comptage d'individus adultes
- Tester la régénération
  - Comptage des jeunes pousses et des reprises de souches
  - Comparaison des espèces adultes et des espèces jeunes
- Estimer les facteurs de dégradation potentielle
  - Comptage des souches
  - Marques d'incendies
  - Elagages
  - Surpâturages
  - Sénescences

**Dans le cas d'une disparition du boisement :**

Le but est de confirmer l'absence du boisement, puis de chercher à confirmer la présence de boisement lors de la (des) prise(s) de vue antérieure(s) du satellite.

- Confirmer la disparition du boisement
  - Comptage d'individus morts sur pied
  - Comptage de souches
  - Observation des sols (recherche de racines, de sillons...)
- Recherches de formes de dégradation
  - Comptage d'individus sénescents
  - Comptage d'individus surexploités (surpâturage...)
  - Comptage des individus coupés
- Tester la possible présence d'une régénération récente ou faible
  - Comptage de jeunes pousses
  - De reprises de souche

**Dans le cas de l'apparition ou de la réapparition d'un boisement :**

Le but est de confirmer l'absence du peuplement lors de la (des) prise(s) de vue antérieure(s)

- Confirmer l'apparition d'un boisement jeune
  - Estimation de l'âge des individus
- Recherche des facteurs de régénération
  - Reboisement (alignements peuplement équiennes monospécifiques)
  - Mise en défens (barrières, haies)
  - Régénérations naturelles (feu ancien, coupe forestière, jachères)
- Recherche de formes de dégradation
  - Comptage d'individus sénescents
  - Comptage d'individus surexploités (surpâturage...)
  - Comptage des individus coupés

Enfin nous viserons une définition précise de l'état de surface par la description de la physionomie.

- Mesure et calcul de la hauteur moyenne des arbres
- Mesure et calcul des taux de recouvrement du sol par strates

**Tableau 6 : Fiche de relevé des informations pour la confrontation de la carte à la réalité du terrain**

### 4.2.2.3. Estimation de l'âge des végétaux

L'estimation de l'âge de la végétation est un exercice délicat pour lequel aucun outil précis n'a été à disposition, en dehors de la tarière de Pressler qui s'est révélée inadaptée à toutes les espèces (de mangrove et de savane) pour lesquelles elle a été testée. Nous avons donc effectué des estimations très approximatives.

Celles-ci intègrent un maximum de critères de la physionomie de l'individu :

- Hauteur de l'individu
- Plus grande largeur de la couronne de l'individu
- Largeur du tronc
- Port
- Marques de perturbation dans la croissance
  - Taillis,
  - Surpâturage,
  - Stress hydrique.

Ces multiples observations sont combinées pour classer les individus en classes d'âges. Ces critères variant d'une espèce à l'autre, l'âge d'un petit arbuste s'élevant au maximum à 5 mètres de haut (ex *Conocarpus erectus*) ne pouvant pas être estimé de la même façon que celui d'un grand arbre s'élevant à plus de 20 mètres de haut (*Rhizophora racemosa*).

Par exemple : <i>Rhizophora racemosa</i> ou <i>Rhizophora harrissonii</i>	
○ Moins de 5 verticilles	moins de 5 ans
○ De 5 à 15 verticilles	de 5 à 15 ans
○ Plus de 5 mètres de haut et tronc de moins de 8 cm au plus large	de 15 à 25 ans
○ Plus de 5 mètres de haut et tronc de plus de 8 cm au plus large	plus de 25 ans

La première prudence lorsque l'on a recours à cette technique rudimentaire d'estimation est l'identification sous forme de fourchettes d'âges très larges pour minimaliser la marge d'erreur. Ainsi, étant donné que le terrain a été effectué entre 4 à 6 ans après la date de vue du début des années 2000, 17 à 19 ans après celle de la fin des années 1980 et 26 ans après celle de la fin des années 1970, nous avons décidé d'effectuer quatre classes d'âges :

- Moins de 5 ans
- De 5 à 15 ans
- De 15 à 25 ans
- Plus de 25 ans

#### Techniques du relevé ponctuel de végétation (4.2.2)

Pour reconstituer les changements et établir la cinématique de la végétation, il s'agit de dresser un nombre suffisant de relevés, bien que ceux-ci soient très coûteux en temps. Le compromis a été de faire dix relevés par cinématique, soit soixante en tout. Il a fallu y observer un certain nombre d'individus végétaux et dont on a estimé l'âge. Ces techniques ne pouvant être facilement mises en place, une estimation par larges tranches d'âge assure une certaine fiabilité.

### 4.2.3. Analyses rétrospectives de la végétation

Une fois établie la cinématique de la végétation, on peut schématiser l'évolution de chaque type d'individu du relevé (par espèces ou par physionomies). Ces informations sont ensuite utilisées, dans le cadre des relevés effectués autour des villages, pour mener les analyses rétrospectives. Les analyses rétrospectives forment une étape importante des analyses de la dynamique des paysages. Il s'agit, en s'appuyant sur le terrain et en y relevant l'information floristique, physiologique, anthropique... (4.2.3.1), et en les interprétant à travers des

processus mis en évidence par les analyses de télédétection, des analyses de cinématique du peuplement végétal et des enquêtes, de reconstituer les paysages passés (4.2.1.2).

### 4.2.3.1. La coupe de végétation

Dans le cadre des relevés autour des villages enquêtés, un petit nombre de coupes de végétation doit couvrir l'ensemble des terroirs et des paysages du village. Des coupes peuvent couvrir couvrant deux paysages limitrophes notamment dans le cas des changements de type « front », où un paysage empiète sur un autre. Elles sont localisées après le croisement des résultats d'enquêtes identifiant les principaux changements pour la carte des changements. Dans un premier cas de figure, la coupe est placée dans un secteur cartographié comme un changement, quand celui-ci a été identifié pour en décrire le processus et augmenter les informations à rattacher à la lecture de la carte des changements. Dans un deuxième cas de figure, la coupe est placée là où des changements sont observés sur le terrain, bien que non perçus par l'analyse de télédétection (faibles diminutions, faibles augmentations de la couverture végétale cartographiés comme un boisement stable). Les informations récoltées sont celles listées sur le tableau 6. La seule différence est qu'en terre ferme comme en mangrove, l'échantillonnage de la végétation est linéaire.

Les coupes sont de tailles très variables de quelques dizaines de mètres à quelques centaines de mètres, selon un échantillonnage, en ligne sans épaisseur. Cet échantillonnage, consiste à tirer (ou imaginer) une corde tendue et à prendre en compte tout individu végétal qui touche, ou qui est à la verticale (en dessous ou au dessus) de la corde.

Pour chaque individu, est noté :

- Son début sur la coupe,
- Sa fin sur la coupe,
- Sa hauteur,
- Sa taxonomie,
- La largeur du tronc à 50cm de haut,
- Toute marque d'incendie,
- Toute marque de coupe partielle,
- Toute marque d'abrouissement
- Toute marque d'ancienne occupation du sol (sillon, diguettes...)

Un dessin de chaque espèce pour chacune de ses physionomies rencontrées (arborée, arbustive, pâturée, rejet de souche, dépérissant, mort sur pied, souche...) est effectué sur le logiciel *illustrator*.

Il est dès lors possible de reconstituer chaque coupe en remplaçant à l'échelle la coupe, chaque individu en fonction de son début et sa fin sur la coupe, sa hauteur sa taxonomie et son état (figures 79 et 80).

### 4.2.3.2. Indices de changements récents et transformation de la coupe vers les états précédents de la végétation

La première étape de la reconstitution paysagère est l'application des résultats de la carte des changements. Les pixels ayant de 28,5 m, si un changement de deux pixels a été mesuré sur la carte c'est la coupe qui est modifiée sur une cinquantaine de mètres.

Une fois cette information retranscrite sur la coupe, il s'agit d'appliquer les règles de transformation de la végétation en ce qui concerne l'évolution naturelle de la végétation par la croissance des individus. La coupe a été réalisée en 2005. La première date de reconstitution rétrospective de la végétation est la date de la prise de vue du satellite à la fin des années 1980. Soit, selon les villages, 17 ou 19 ans avant la prise de vue.



## Coupe de végétation effectuée en 2004

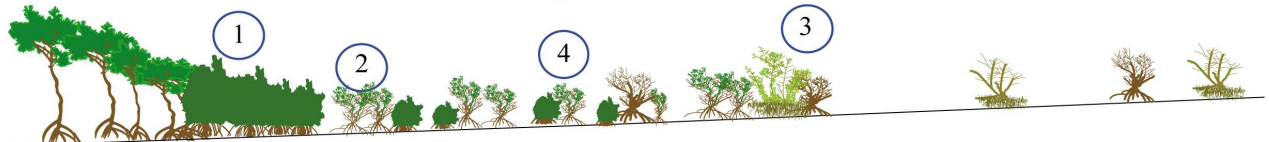


## Indices de changement



- 1 La sursalinisation s'observe sur une grande partie de l'estran
- 2 Le surpâturage s'observe sur tous les arbustes accessibles
- 3 Limite haute de la mangrove d'après l'image satellite.

## Reconstitution de la végétation à la fin des années 1980



- 1 Remplacement de la végétation la plus récemment touchée par le dépérissement
- 2 Remplacement des physionomies liées au pâturage
- 3 Reconstitution de la limite haute d'après l'image satellite.
- 4 Remplacement des arbustes sénescents au début des années 2000 par des souches

1 mètres  
5 mètres

LEGENDE	
	<i>Rhizophora mangle</i> sain à port forestier
	<i>Rhizophora mangle</i> sain à port buissonnant
	<i>Rhizophora mangle</i> surpâturé
	<i>Rhizophora m.</i> dépérissant
	<i>Rhizophora mangle</i> mort
	<i>Avicennia a.</i> sénescents
	<i>Avicennia africana</i> mort

Figure 79 : Analyse rétrospective de la mangrove à Diamniadio (îles du Gandoul, Sénégal)

### Coupe de végétation effectuée en 2004



### Indices de changement



- 1 Surpâturage des branches basses de *Mitragyna inermis* et des *Boscia senegalensis*
- 2 Forte croissance de la population de *Faidherbia albida*
- 3 *Mitragyna inermis* et *Tamarix senegalensis* ne s'observent qu'à l'état d'adultes.
- 4 Certaines zones salées (remontées de la nappe) ne sont occupées que par *Tamarix senegalensis* et de jeunes *Faidherbia albida*
- 5 D'après l'âge des arbres, la friche est âgée de plus de 15 ans
- 6 D'après l'âge des arbres, la friche est âgée de moins de 15 ans

### Reconstitution de la végétation à la fin des années 1980



- 1 Les physionomies liées au pâturage sont éliminées
- 2 Les individus estimés à un peu plus de 16 ans remplacé par de jeunes pousses
- 3 Les rizières supposées en activité sont représentées

### Reconstitution de la végétation à la fin des années 1970



- 1 Seul les individus estimés à plus de 26 ans sont laissés. D'autres arbustes sont placés de façon aléatoire
- 2 *Faidherbia albida* est absente de l'île
- 3 L'ensemble des rizières est en activité

2 mètres  
5 mètres

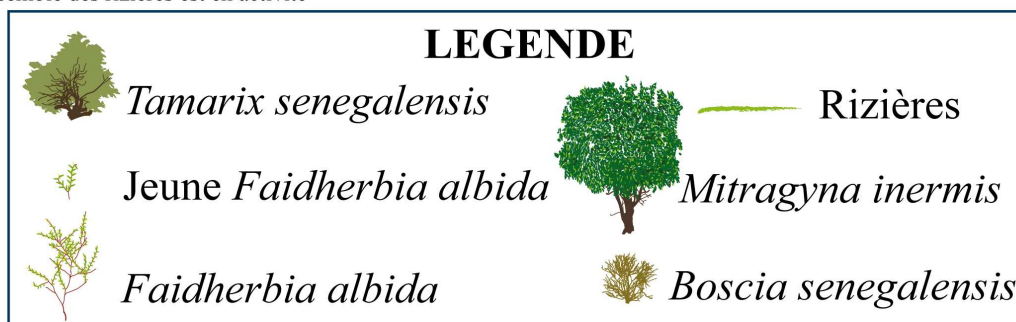


Figure 80 : Analyse rétrospective de la végétation de terre ferme à Diamniadio (îles du Gandoul, Sénégal)

Or, la majeure partie des végétaux croît fortement en 17 ans. Il s'agit donc premièrement d'éliminer tous les jeunes arbustes et jeunes arbres estimés à moins de 17 (19) ans. Il s'agit de remplacer des jeunes arbres estimés à 20 à 30 ans par le dessin vectoriel de la même espèce dans les stades adéquates de 5 à 10 ans. Les variations entre un jeune arbre ayant atteint sa morphologie adulte (s'élevant peu ou prou au niveau de la canopée) et un arbre plus mûr, 17 ans plus tard, sont ici négligées. Si elles jouent un rôle important sur la ressource en bois (troncs plus larges) et sur la cinématique (plus faible résistance aux maladies...), celles-ci n'ont pas pu être prises en compte.

Depuis la coupe de végétation reconstituée à la fin des années 1980, on reconstitue une coupe à la fin des années 1970, soit 7 ou 9 ans plus jeune, toujours selon les mêmes règles.

Dans un deuxième temps, il s'agit d'appliquer à la coupe les modifications nécessaires pour reconstituer la végétation ancienne en fonction de l'évolution des facteurs anthropiques et naturels. Si un facteur de dégradation (déperissement, surpâturage, coupe...) a augmenté en intensité entre 1986 et 2000, la végétation de la fin des années 1980 doit montrer des marques plus faibles de l'influence de ces facteurs qu'au début des années 2000. Un individu, suffisamment âgé pour avoir été présent au moment de la reconstitution, montrant les marques d'un surpâturage qui a débuté entre la date à reconstituer et la coupe de terrain, devra être remplacé par un dessin vectoriel de même taxonomie, d'âge adéquat, et de physionomie non surpâturée. Il en va de même pour l'augmentation ou la disparition du déperissement lié à la sursalinité, de l'augmentation ou de la diminution de la pression de coupe forestière...

Cette technique ne vise pas une reconstitution sûre et précise de la disposition des individus, ni à la connaissance exacte de la composition floristique ancienne. Elle ne peut en rien servir à quantifier des biomasses ou des ressources en bois anciennes. Son but n'est pas non plus de faire découvrir par une sorte de modélisation une végétation passée. Bref son but n'est pas heuristique, son but, au contraire, est celui d'illustration, et de représentation des connaissances acquises.

#### Analyses rétrospectives de la végétation (4.2.3)

Les analyses rétrospectives de la végétation offrent un bon moyen d'illustrer la végétation ancienne et aident beaucoup à reconstituer la cinématique de la végétation. Cependant, il reste évident que ces traitements visent avant tout une illustration et une représentation de l'interprétation des cinématiques plus qu'ils n'apportent une information. Or, si la reconstitution ne constitue pas en soi une information supplémentaire pour la thèse, elles constituent une des pièces maîtresses de la discussion sur la comparaison des paysages anciens et récents, et sur le caractère positif, neutre ou négatif des changements et donc sur la dégradation.

#### Analyse sur le terrain des paysages en changement (4.2)

L'ensemble des analyses sur le terrain des paysages qui sont actuellement en changement a été l'un des principaux obstacles techniques rencontrés et le principal obstacle pour la réalisation et l'analyse des données de terrain. Cependant, ces difficultés ont été surmontées, et la mise en place de procédures à la fois précautionneuses et efficaces, décrites ci-dessus a permis de reconstituer les processus de changement, et les végétations anciennes. Ces analyses bien qu'elles ne s'appuient pas sur une méthode éprouvée de reconstitution de la végétation, peuvent cependant produire, avec les précautions nécessaires, des reconstitutions des paysages anciens indispensables pour la question traitée.



## 4.3. Les enquêtes, leur confrontation au terrain et les outils d'extrapolation et d'analyses

Jusqu'ici nous avons présenté les techniques permettant l'analyse de l'agencement et de la cinématique des paysages et celles liées à l'étude de l'impact du climat sur la végétation. Le dernier grand volet de techniques employées et combinées au sein de cette démarche pluridisciplinaire et pluriscalaire est une série d'enquêtes villageoises. Celles-ci doivent permettre de décrire les pratiques et d'estimer les interactions entre les pratiques agro-sylvo-pastorales et les cinématiques des paysages. Il peut s'agir tant de l'influence d'une pratique sur un type de paysage que de l'influence d'une cinématique paysagère sur les pratiques. Les enquêtes se déroulent, dans cinq villages (cf. encadré ci-dessous) en deux temps : des enquêtes par entretiens (4.3.1) et des analyses des paysages concernés par les activités pour en définir les impacts (4.3.2). Cependant, ces enquêtes étant toutes localisées au sein d'un finage villageois de taille réduite, elles nécessitent une procédure d'extrapolation (présentée, en 3.3), qui s'appuie notamment sur une analyse de terrain en mangrove permettant d'établir des règles de spatialisation des phénomènes, les terroir de mangrove étant souvent déconnectés du village (4.3.3).

### Le choix des villages

Cinq villages ont été étudiés (figure 81). Le faible nombre de villages étudiés est un compromis entre la nécessité d'offrir une possibilité de comparaison, voire de spatialisation, des résultats obtenus par les enquêtes et celle de passer un temps suffisant dans chaque village alors que le temps de terrain s'est révélé court au regard du nombre des mesures et études qui y ont été effectuées. Le choix des villages enquêtés est fait en relation avec les principaux changements régionaux de l'occupation du sol observés sur la carte. Ces cinq villages permettent de représenter les cinq principaux profils de changements de l'occupation du sol de la zone d'étude.

On a également choisi la localisation des villages en fonction de leur situation par rapport à la géographie des changements. Si l'enquête doit permettre de comprendre les changements, l'environnement du village doit connaître des changements de paysage conformes à ceux observés dans la sous-région. Cependant, l'importance de ces changements autour du village, ne doit pas être excessive, le village devant représenter la majorité des villages de la sous-région et non en constituer une caricature.

### 4.3.1. Enquêtes par entretiens

Dans chacun des cinq villages répartis le long de la trame latitudinale des paysages et des activités, des enquêtes par entretiens semi-dirigés, et par observations participatives ont été conduites afin d'appréhender les pratiques et usages du milieu, et de leurs interactions avec les cinématiques des paysages. Ces enquêtes procèdent en deux temps : d'une part, il s'agit de récolter par entretiens semi-dirigés le plus grand nombre possible d'informations sur le fonctionnement du finage, les pratiques agro-sylvo-pastorales, les changements des paysages, des pratiques, des ressources (4.3.1.1). Ces entretiens sont ensuite analysés, notamment pour la comparaison des villages entre eux, par des analyses lexicométriques (4.3.1.2). D'autre part, les pratiques sont observées sur le terrain en accompagnant les villageois lors de leurs activités agro-sylvo-pastorales (4.3.1.3).

#### 4.3.1.1. Portrait d'un village au moyen d'entretiens semi-directifs

Pour la connaissance des pratiques sur le milieu et de la perception de l'environnement, deux types d'enquêtes peuvent être menées : les enquêtes par questionnaires fermés, et les enquêtes par entretiens semi-dirigés.

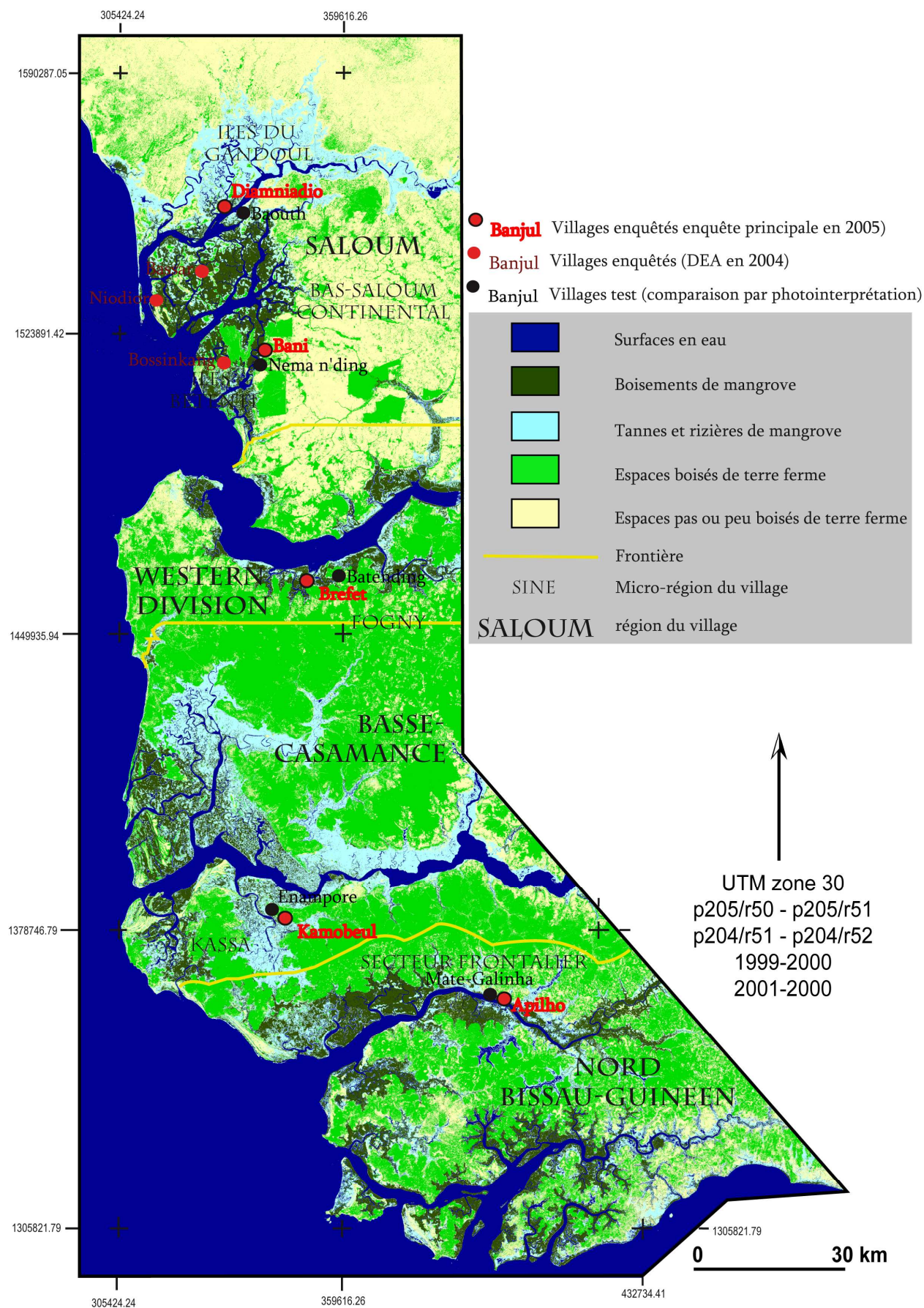


Figure 81 : Carte de localisation des villages enquêtés

Les enquêtes par questionnaires possèdent la grande qualité d'être réalisables en très peu de temps, donc de pouvoir être renouvelées de nombreuses fois. Elles sont adaptées à une analyse statistique, ou cartographique des réponses. Cependant, elles n'offrent que très peu d'information pour la description des pratiques et surtout peu d'éléments de réflexion sur les discours tenu par les enquêtés et leurs perceptions. Toutefois, dans certains cas, les questions sont laissées ouvertes pour des raisons techniques ou en raison de la nature d'information recherchée. Ainsi, les entretiens ouverts ou semi-dirigés permettent d'enregistrer de longues descriptions des pratiques par les villageois lesquelles peuvent permettre d'analyser les perceptions et les discours. Cependant, elles sont encore rarement employées, parce que leur exploitation est plus délicate que celle des entretiens par questionnaire.

Par ailleurs, les questions ouvertes sont bien adaptées au traitement statistique, puisque le corpus obtenu est homogène et riche en redondances. Cela permet parfois d'économiser le temps d'entrevue en ce qu'une question en suspens peut remplacer de longues listes de questions fermées et de sonder des réponses aux questions fermées. Cela autorise aussi une certaine spontanéité : une batterie de questions fermées suggérerait les nouvelles idées qui pourraient troubler l'authenticité ou la sincérité de l'explication. Ainsi, nous avons préféré utiliser les entretiens ouverts.

Le principe adopté ici comme entretiens ouverts est celui d'entretiens semi-dirigés s'appuyant sur une grille de thèmes à traiter et non d'une grille de questions. Les entretiens se déroulent à travers trois moments :

### *Un entretien auprès du chef du village sur le portrait général du village et de ses activités.*

Les thèmes abordés sont :

- **Activités du village :**
  - Liste
  - Localisation
  - Importance économique
  - Importance en temps de travail
  - Calendrier
  - Part des activités mangrove - terre ferme
  - Part des activités agricole forestière pêche
- **Feux**
  - Fréquence,
  - Dates
  - Impacts
  - Causes
  - Gestion
- **Gestion forestière**
  - Droits,
  - Dispositifs de gestion-protection
  - Respect des dispositifs
- **Besoin en bois**
  - Estimation
  - Part du bois de mangrove - bois de terre ferme
  - Respect des dispositifs
- **Foncier et décision**
  - A qui appartiennent les terres agricoles / la forêt / la mangrove
  - Qui décide de ce que l'on peut faire dans les terres agricoles / la forêt / la mangrove.

Pour aborder ces thèmes, il s'agit de poser dans un premier temps des questions simples puis, de plus en plus précises si les enquêtés se montrent intéressés par le sujet abordé. Il s'agit également de ne pas interrompre un monologue de l'interlocuteur, quel que soit le sujet et de sembler suivre au mieux la conversation comme elle se fait, et enfin de poser les questions amenées par les dernières choses qui ont été dites. En cas de question mal comprise ou d'une réponse volontairement ou involontairement inadaptée, il



s'agit de reposer très différemment la question immédiatement ou d'y revenir plus tard selon que la conversation retombe après la réponse « inadaptée » ou que la conversation est déjà lancée sur une autre sujet, quel qu'il soit.

A cette trame générale, s'ajoutent, premièrement, toutes les questions ayant trait à ce qui a été observé au village, ainsi que les questions qui semblent toucher le plus les villageois auxquels on s'adresse. Deuxièmement, lorsqu'un sujet est spontanément abordé par un enquêté il faut le suivre jusqu'au bout, quel qu'en soit l'intérêt pour l'étude. Notons pour finir que cette première enquête sert aussi à se faire désigner de futurs interlocuteurs « spécialistes » et à planifier les enquêtes participatives.

### *Des entretiens in situ*

Dès le début de l'enquête, si possible avant l'entretien principal, je demande une visite guidée des alentours du village, afin de me familiariser avec les divisions du finage selon les villageois. Cela permet d'acquérir deux ou trois informations, botaniques, agronomiques et paysagère pour mieux maîtriser les enquêtes au village. Cette visite est également l'occasion de poser à mon hôte ou à un membre de la famille qui me fait visiter les alentours, les questions générales qui seront plus tard posées au chef du village pendant l'entretien général.

Un autre type d'enquête *in situ* consiste en la visite guidée d'un ou plusieurs sites ayant connu un changement notable selon les villageois. Ces enquêtes, sont assez proches des précédentes, dans la mesure où elles permettent de s'assurer que la description du phénomène est la plus objective et la mieux renseignée, si le changement en question se déroule, lui aussi, dans le cadre d'une activité qui serait à l'origine d'un litige. Les questions posées concernent la date, les causes, les processus, et les impacts du changement (Mapedza *et al.* 2003)

Enfin, durant les enquêtes participatives où il s'agit d'observer les pratiques, et de les décrire (4.3.1.3). On peut, si les conditions s'y prêtent, ajouter des informations à l'enquête en posant quelques questions ouvertes sur les paysages et les pratiques observés ensemble.

Notons que les entretiens ont tous eu lieu auprès de francophones ou avec un traducteur issu du village enquêté, ou le connaissant bien, maîtrisant à la fois la langue de l'enquêté et le français. Ce filtre à travers le français cause bien évidemment une perte d'information par rapport à des entretiens en la langue vernaculaire, laquelle peut seule permettre, si l'on peut en saisir les subtilités linguistiques, une véritable analyse des perceptions.

Cependant, l'objectif ici est bien la comparaison de cinq villages ayant quatre langues différentes et la langue française commune aux interlocuteurs francophones et aux traducteurs est le dénominateur commun entre les villages le moins mauvais qui ait été accessible. Si tous les villages étaient au Sénégal ou en Gambie, le wolof, langue commune aurait pu être, outre l'hostilité des insulaires du Saloum et des Diolas devant la langue wolof, un dénominateur commun plus pertinent, et de la même façon avec le créole, en Guinée-Bissau. Cependant il n'existe pas de langue commune entre le Sine et la presqu'île de Biombo-Quinhamel.

### 4.3.1.2. Analyse comparative des discours par lexicométrie

Une des techniques de traitement des réponses ouvertes consiste en une étape de définition des informations à extraire sous forme de questions fermées puis en codant l'ensemble de totalité de réponses, remplaçant le discours de réponse par les réponses aux points sur lesquels on veut focaliser l'attention. Cette technique d'analyse présente de nombreux inconvénients comme la subjectivité du recodage, la perte d'information...

On propose donc une méthode d'analyse à la fois qualitative et quantitative des corpus de réponses qui ne contienne pas d'étape de recodage. Il s'agit d'une série d'analyses statistiques sur le corpus de texte que nous allons présenter en six points :

### *Segmentation et partition des textes*

Le prétraitement d'un corpus de texte à analyser est composé de deux étapes : la partition qui est la division du texte en unités à comparer (ex : villages ou acteurs). Elle est réalisée par l'utilisateur. Il s'agit de placer des balises devant chaque partie de texte différente de la partie précédente ou suivante. Les divisions peuvent être emboîtées ou indépendantes. Par exemple on peut diviser le corpus d'entretiens selon des régions, au sein desquelles on va distinguer les villages. On peut également, indépendamment des régions ou des villages, placer des balises sur les acteurs pour comparer les discours des acteurs quel que soit son village ou quelle que soit sa région. La segmentation est la division du texte en formes graphiques : les mots, et expressions (segments répétés). Elle est réalisée automatiquement.

### *Fréquences relatives, fréquences absolues*

Dans un premier temps il est possible de calculer les fréquences absolues de chaque mot et de chaque segment répété. Par l'examen des fréquences absolues d'utilisation dans l'ensemble du texte on peut choisir les mots ou segments répétés qui, d'une part, sont thématiquement intéressants, du point de vue de la thématique étudiée et d'autre part, présentent une fréquence suffisante pour en étudier la distribution statistique (Lebart et Salem, 1994).

<i>Formes</i>	<i>Fréquences</i>
les	816
on	746
de	638
le	569
...	...
bois	132
arbres	127
mangrove	104
coupe	81

**Tableau 7 : fréquences d'utilisation des mots ordonnées dans l'ordre décroissant.**

Le tableau 7 présente les mots génériques, très présents, comme le mot « les » utilisé 816 fois, puis apparaissent progressivement les mots plus importants pour notre étude. Le mot relatif à la thématique des ressources naturelles le plus employé sur l'ensemble du corpus des réponses est le mot « bois », utilisé 132 fois. Ces mots ou segments répétés peuvent également être examinés à travers leurs fréquences relatives par parties. Prenons l'exemple de quelques segments répétés liés au climat (figure 82). La figure 81 montre que les fréquences d'utilisation des mots varient significativement d'un village à l'autre et donc que les usages des mots peuvent servir également à différencier les discours des villages.

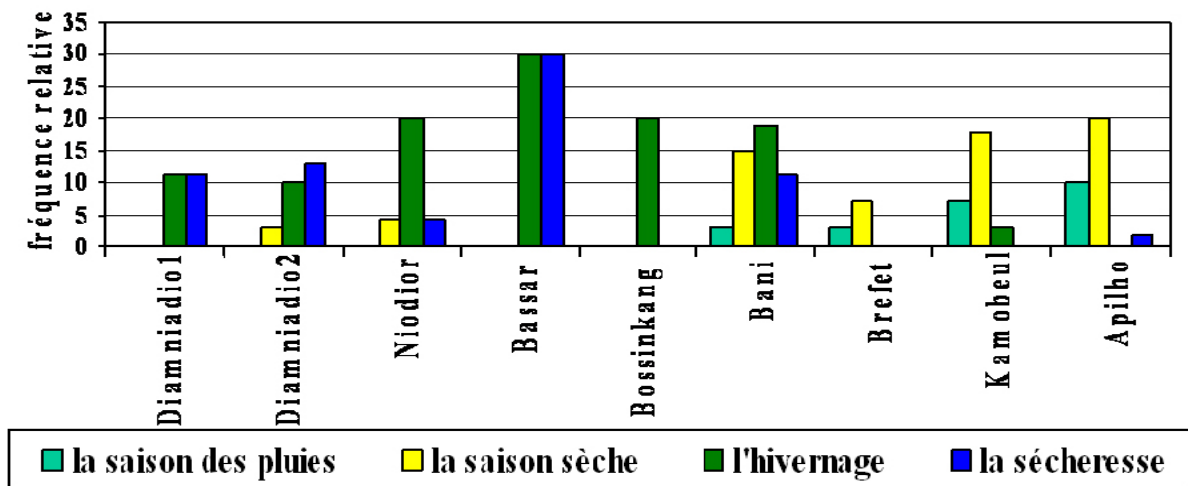


Figure 82 : Fréquences relatives d'emploi de quelques segments répétés

### Spécificités

Cette méthode mesure les variations de la fréquence dans un texte découpé en parties, en fonction d'un seuil choisi par l'utilisateur. Il indique si la fréquence observée dans telle ou telle partie peut-être considérée comme normale ou « spécifique » de cette partie du texte.

On calcule une probabilité pour qu'une forme de fréquence  $F$  apparaisse  $K$  fois dans la partie  $i$ . Cette probabilité atteint son maximum à « fréquence théoriquement attendue dans la partie  $i$  ».

Si la fréquence observée n'est pas égale à cette fréquence attendue, on peut se demander si l'écart entre ces deux valeurs est ou non significatif. Si  $S+$  est plus petit qu'un seuil choisi par l'opérateur - généralement 0,05 ou 0,01 -, on parle alors de spécificité positive : le mot est, d'après le calcul hypergéométrique, significativement « sur-employé » dans la partie considérée. Dans le cas où  $S-$  est plus petit que le seuil choisi, on parle de spécificité négative : le mot est significativement « sous-employé » dans la partie considérée. D'après Labbé et Labbé (2001)

Par exemple, pour les mots liés aux saisons et au climat, la figure 83 nous montre trois spécificités négatives (« saison » ou « saisons » à Diamniadio et à Niodior ; « hivernage » à Brefet) et deux spécificités positives (« saisons » et « pluie » ou les conjugaisons de pleuvoir à Apilho).

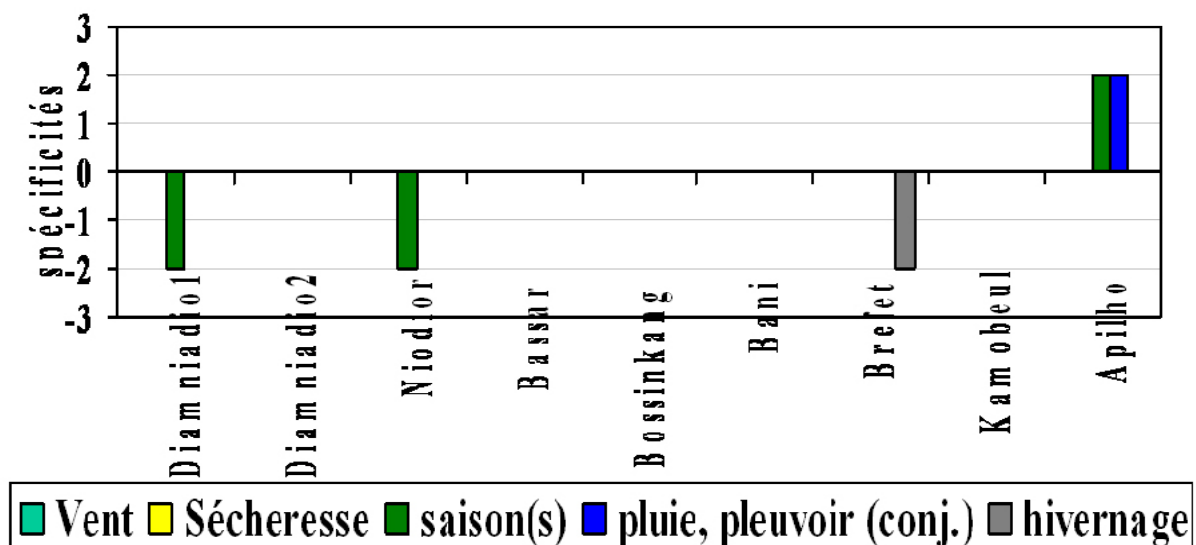


Figure 83 : Spécificités d'emploi de quelques mots



### *Analyse factorielle des correspondances*

Il est possible d'effectuer une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) à partir d'un tableau de fréquence d'utilisation des mots où les parties de textes sont les lignes et où les mots et les segments répétés, au-delà d'un seuil de fréquence choisi par l'analyste sont les colonnes. On obtient ainsi des plans factoriels, comme sur la figure 84, où s'opposent les villages aux discours les plus dissemblables (ici Kamobeul et Brefet ou Diamniadio1 et Apilho) et où se regroupent les villages aux discours les plus semblables (Diamniadio1 et Diamniadio2 ou Kamobeul et Apilho).

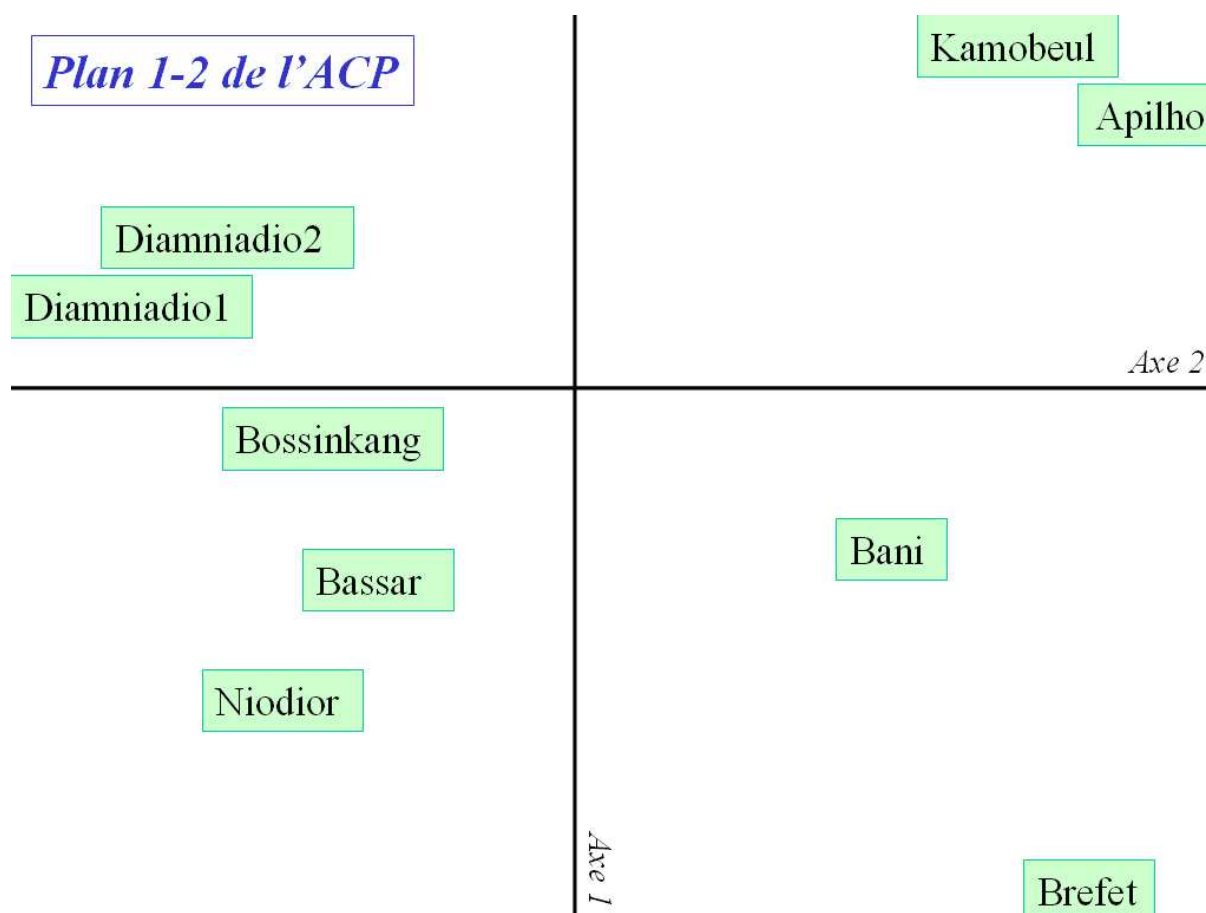


Figure 84 : Premier plan factoriel d'une A.F.C. sur les fréquences d'emploi des mots (employés plus de 5 fois)

### *Le contexte de l'utilisation des mots*

Parfois, un mot peut avoir plusieurs sens suivant son contexte. Aussi, il est bon d'effectuer une vérification du sens dans chaque utilisation. Plus simplement il est bon de savoir ce qui est dit de tel ou tel mot, et dans quel contexte il est utilisé.

On voit, ci-dessous, que dans les six enquêtes effectuées dans les villages du Saloum le mot « chef » qui n'a été utilisé que deux fois, l'a été pour désigner le chef lieu d'arrondissement ou le chef de carré (père de famille). En revanche dans les trois enquêtes au Sud du Saloum le mot chef est employé 10 fois, ce, systématiquement pour désigner le chef du village. La lexicométrie permet donc réellement de mettre en évidence des discours différents qui peuvent, comme c'est le cas ici, renseigner sur la description par les villageois de leur propre organisation sociale.

Partie : Nord, Nombre de contextes : 2

elle pousse mieux " § " niodior est le **chef lieu d ' arrondissement** de 18 villages  
c'est la forêt classée. ensuite chaque **chef de carré** possède sa petite parcelle de terrain

Partie : Sud, Nombre de contextes : 10

bas au bord du chenal comme le puit du **chef du village** sont un peu salés. le sel est  
les arbres fruitiers de ses champs . le **chef du village** il contrôle ces choses là mais  
je vais prendre le bœuf et l ' amener au **chef du village**. et c ' est le chef du village  
mener au chef du village. et c ' est le **chef du village** qui va venir te voir et tu vas  
en Gambie, dans la tradition c'est le **chef du village** qui donne l ' autorisation pour  
bonne forêt les gens ne demandent pas **au chef du village** l'autorisation de couper des  
il y a deux jeunes de la famille du **chef du village**. ils n 'ont pas vraiment besoin  
terres pour mettre un verger de cajou, le **chef de village** il peut pas te dire non, tu  
droit de couper la mangrove. c'est le **chef du village** et tout le monde au village.  
on a le droit . il faut demander au **chef du village**. pour les rizières , vers le

#### 4.3.1.3. Observation des pratiques agro-sylvo-pastorales

Les enquêtes participatives constituent pour notre étude, la partie la plus intéressante des enquêtes. En effet, si les entretiens sont très riches d'enseignements et que leur comparaison entre les villages par lexicométrie s'est elle-même révélée, intéressante, la connaissance des pratiques reste pour nous le plus important.

Avant, tout, durant les enquêtes participatives, il s'agit de s'assurer de la spontanéité des pratiques observées. Pour cela, il existe deux méthodes : la première, la plus courante et efficace, se fait essentiellement dans le cadre des activités les plus banales, ne prêtant à aucun conflit d'usage, ni à aucune répression par le village ou l'administration. Il s'agit d'être le plus discret possible et de faire oublier sa présence. On peut dès lors, feindre de faire autre chose, (relevés botaniques dans mon cas) ou parler avec un des acteurs, prêt à se désintéresser de la pratique ou avec le traducteur, il s'agit dès lors de parler de tout autre chose. Dans ces deux cas de figures, les acteurs ne sentent plus observés, relevés botaniques et discussions avec les gens du village étant mes deux attributions premières, et me permettent si l'insertion au village a été réussie, de me faire presque oublier.

La seconde technique, plus délicate à mettre en œuvre mais tout aussi efficace, appliquée, notamment, dans le cadre des conflits d'usages ou d'acteurs, est totalement contraire. Il s'agit de faire volontairement appel à l'honnêteté d'un membre d'une des factions en conflit, lui demandant, une information la plus complète possible pour plaider en leur faveur dans le conflit d'usage.

Il s'agit premièrement, d'être très bien intégré dans le village et qu'au moins une des deux factions me fasse confiance. Il s'agit ensuite de s'assurer de bien avoir compris les tenants et aboutissants du conflit en question et de connaître l'avis des interlocuteurs sur la question. Il s'agit ensuite d'inciter à me faire assez confiance pour révéler les activités, même illégales aux yeux de la collectivité villageoise ou de l'administration, sans rien promettre qui ne pourra pas être réalisé. En quelques sorte, il faut demander à tout savoir dans la mesure où l'on espère un jour pouvoir démontrer à tous qu'ils ont raison. La technique peut s'utiliser pour une même pratique auprès des deux parties. Il s'agit de se faire prouver que la pratique en question est comme le pensent ceux qui la pratiquent, durable et mérite d'être autorisée, ou au contraire de se la faire présenter, par ceux qui la décrivent pour se faire démontrer qu'elle est inadaptée et source d'une dégradation.

Une fois cette assurance acquise, il s'agit d'observer la pratique dans son ensemble et de se poser les questions qui touchent à l'impact de ces pratiques. Dans l'exemple d'une exploitation forestière :

- Quel site
- Quelles espèces
- Quelles physionomies,
- Quel semis de point
- Sur quelle superficie,
- Comment l'arbre est coupé (hauteur de la souche, sélection des branches...)

Des séries propres à l'observation de la pratique peuvent dans les meilleures cas être posés, (souvent, une fois l'essentiel de l'observation étant fait, au risque de faire ressurgir ma présence comme une gêne). Elles concernent les variantes,

- Si l'on avait été une autre saison...
- Si on avait eu plus de temps...
- Si l'on avait eu un moteur sur la pirogue...
- S'il y avait eu telle ou telle espèce au lieu de celle-ci ?
- Est ce que ton mari/ta femme/tes enfants vient/viennent dès fois avec toi ?
- Tu y vas toujours seul ? (ou inversement)

D'autres questions peuvent aussi être posées, pour comprendre les choix qui sont faits :

- Pourquoi ce site ?
- Pourquoi cette espèce ?
- Pourquoi aujourd'hui ?
- Pourquoi couper comme ça ?
- Pourquoi cet arbre ?
- Pourquoi pas cet arbre ?...

### Enquêtes par entretiens (4.3.1)

Les enquêtes par entretiens sont le résultat de la reproduction de techniques mises en places et testées durant mon année de DEA. L'approche villageoise et comparative entre un petit nombre de villages apparaît comme un bon compromis entre, d'une part, la nécessité d'approfondir toujours plus les cinématiques sociales et la connaissances des pratiques et des représentations et d'autre part, la nécessité d'une information spatiale que l'on peut acquérir assez rapidement. Les différents types d'entretiens qui la composent permettent une appréhension globale des processus sociaux et des interactions entre société et paysage qui, une fois confrontés avec l'analyse des paysages en relation directe avec les enquêtes, achèvent ce schéma méthodologique.

## 4.3.2. Observations paysagères en relation avec les enquêtes

Durant l'enquête au village, deux types d'analyses de terrain sont directement liés aux entretiens, les premières visent la retranscription concrète, (cartes, coupes...) d'informations récoltées par entretiens ou observations (4.3.2.1). Les secondes sont un dispositif qui a été partiellement appliqué à la fin de la mission pour aider à l'extrapolation des données d'enquêtes (4.3.2.2).

### 4.3.2.1. Compléments aux enquêtes au sein du finage

Trois types de données sont récoltés sur le terrain pour apporter une forme plus précise et concrète à des informations recueillies par entretiens ou observations.



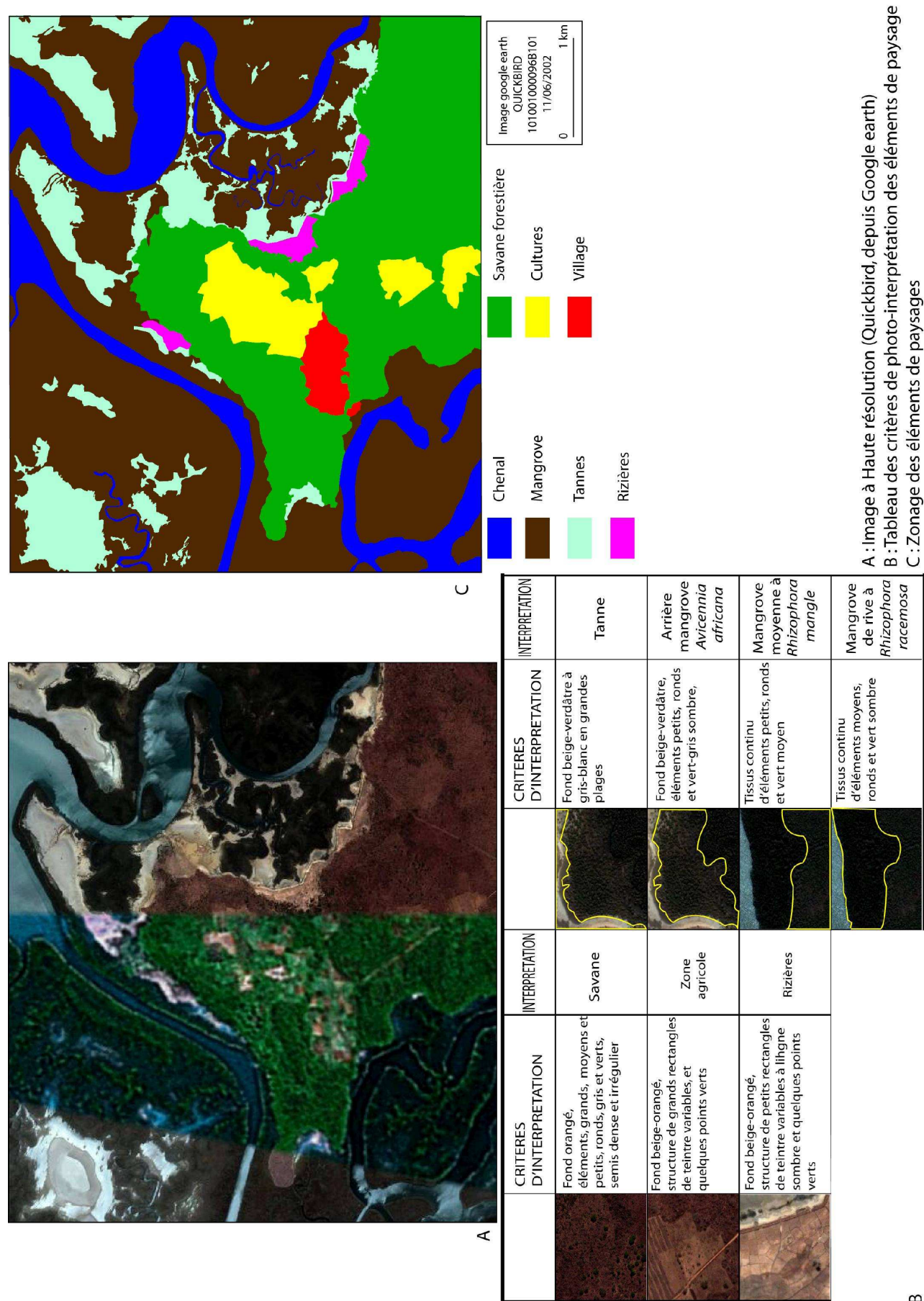


Figure 85 : Zonage des éléments de paysages du finage de Brefet

### *Carte du terroir*

L'enquête générale contient des informations sur les différents terroirs, les zones de cultures, la répartition des activités... autant d'informations spatialisées qu'il est intéressant de cartographier, ces informations étant par ailleurs doublées de la visite guidée des alentours du village, le premier jour et pendant tous les autres entretiens *in situ* (figure 85c).

Pour dresser cette carte, nous avons décidé de procéder à un zonage systématique depuis les images à haute résolution de *Google earth* préalablement géoréférencées (figure 85a). Cependant, pour assurer la justesse du zonage, une base géomatique de relevés de terrain est tout d'abord constituée.

La stratégie d'échantillonnage est une série de points selon une grille de 10 m. Chaque relevé comprend, un relevé GPS en UTM pour une localisation précise. Ensuite, avec si besoin, l'aide d'un villageois, le point est identifié selon la classification des terroirs, ce de façon simple, sans rentrer dans les grandes subdivisions des sols et des capacités agronomiques ou forestières, ni des toponymes. Il s'agit juste de lui donner une étiquette des grands types de terroirs, lesquels correspondent finalement à l'activité principale qui y est effectuée.

On ajoute, à chaque relevé, un rapide relevé de végétation sur un cercle d'un mètre de rayon autour du point GPS (comptage des individus, recensement botanique, calcul du taux de recouvrement par strates, recensement des souches, plantes brûlées, plantes pâturées) et un relevé des marques d'activités culturelles, digues, diguettes sillons... Ces données permettent de contrôler en un certain nombre de point les critères images pour la reconnaissance des éléments de paysage (figure 85b).

### *Quelques analyses complémentaires.*

Une série d'analyses complémentaires ont été effectuées, notamment sur la progression de *Faidherbia albida* dans le finage de Diamniadio et la progression de *Azadirachta indica* dans le finage de Bani. En effet, à Diamniadio, le semis de points de la carte du finage villageois a permis un recensement des stades de progression du peuplement de *Faidherbia albida*. À Bani, une analyse a été ajoutée aux analyses de terrain autour du village : un échantillon de cents arbres a été étudié, dans chaque terroir, où l'on a dressé la liste des jeunes plants et jeunes arbustes qui se développaient sous lui. Ainsi il a été possible de dresser la capacité de régénération de chaque espèce par rapport à l'avancée d'*Azadirachta indica*.

## 4.3.2.2. Les coupes de végétation pour passer de la cinématique à la dynamique des paysages

### *Impact des pratiques agro-sylvo-pastorales*

Un retour sur les lieux de changements et sur les lieux des entretiens est effectué après les enquêtes pour estimer l'impact des pratiques agro-sylvo-pastorales. L'estimation de l'impact d'une pratique s'appuie sur les observations suivantes.

- Quelle proportion d'individus est touchée ?
- Toutes les espèces sont-elles touchées pareillement ?
  - Si non, quelles espèces sont principalement/uniquement touchées ?
- Une régénération du peuplement semble-elle :
  - En cours ?
  - À venir ?
  - Impossible ?
- Quelle est l'importance de ce type de changement sur l'ensemble des paysages de même type ?
- Quelle est l'importance de ce type de paysage sur l'ensemble du finage ?

Ces informations qualitatives peuvent sembler insuffisantes pour débattre d'une question aussi importante que celle de la dynamique des paysages. Elles auraient pu être traitées plus longuement et de manière plus approfondie, avec notamment un échantillonnage plus global et une récolte de données plus systématique si la cartographie, l'établissement d'un état des lieux paysager et floristique à deux échelles, la cartographie des changements et son étude sur le terrain, l'étude des impacts des fluctuations du climat et l'étude des pratiques agro-sylvo-pastorales n'avaient pas demandé autant d'investissements. Cependant, ces données qualitatives permettent de séparer les activités en plusieurs groupes : celles aux impacts nuls ou quasi-nuls, celles aux impacts temporaires, et celles aux impacts importants et durables, ce qui est suffisant pour une réflexion sur la dégradation.

### *De la cinématique du paysage à la dynamique du paysage*

Les coupes de végétation permettant les analyses rétrospectives autour des villages ont été effectuées pour présenter la cinématique des paysages dans les finages villageois enquêtés (4.2.3).

À ce point de notre schéma méthodologique, ont été étudiés non seulement les impacts du climat sur les paysages mais aussi ceux des activités humaines. Ces coupes peuvent donc être reprises et ré-analysées pour débattre de la part respective de ces deux ensembles de facteurs. Une fois le changement expliqué et dans son processus (cinématique de la végétation) et dans le moteur de ce changement (climatique, anthropique ou les deux) il est possible de passer de la cinématique à la cinématique de la végétation.

À la lumière des résultats des analyses sur l'impact des activités humaines et des fluctuations de la pluviosité, nous étudierons chaque cinématique de la végétation pour déterminer dans quelle mesure pour chaque paysage, puis pour chaque village, le climat et les sociétés ont été le moteur des changements.

### 4.3.2.3. Les analyses de la mangrove pour l'extrapolation des résultats des enquêtes

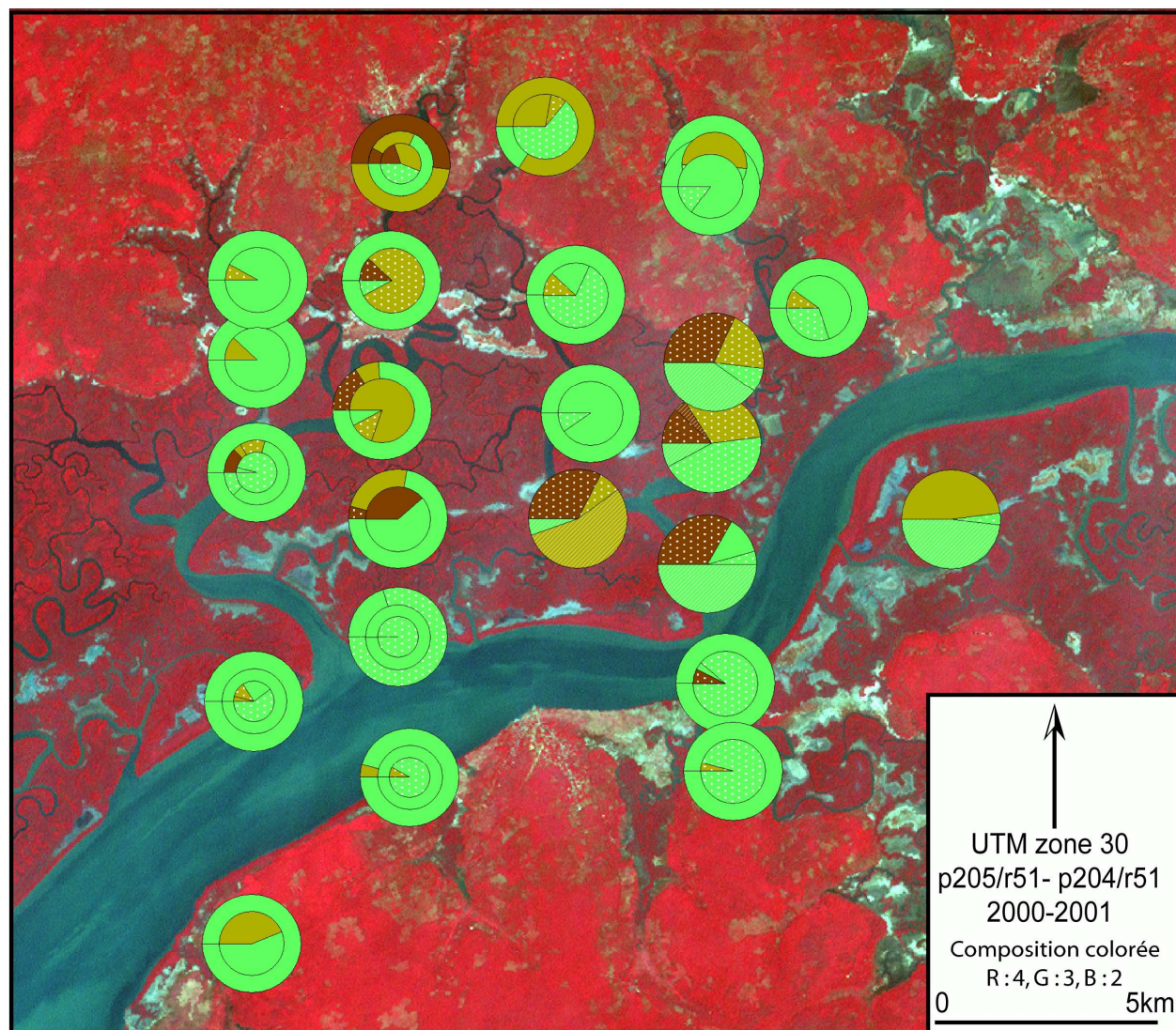
Nous verrons plus loin que les types de cinématiques en terre ferme sont moins nombreux et semblent suivre des règles de spatialisation plus simples qu'en mangrove (cf. 6.3). La compréhension de la répartition des types de paysages et des processus de changement aux en mangrove est par ailleurs moins étayée qu'en terre ferme en l'absence d'un équivalent du transect botanique qui a fortement contribué à avoir une vue d'ensemble grâce à un parcours et un relevé en continu de la quasi-totalité de la zone d'étude. Ainsi, à la fin des enquêtes, pour pallier une moins bonne prise en compte de la structure spatiale des processus en cours dans les vasières, un nouveau dispositif a été ajouté à l'ensemble des objectifs de la dernière mission de terrain. Il vise la possibilité d'une spatialisation et d'une quantification de la part respective des processus de dépérissement et des processus de déforestation dans les massifs de mangrove de la zone d'étude.

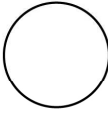











### *Stratégie d'échantillonnage*

Un semis d'une trentaine de points a été disposé dans un carré de 20 sur 20 km (ou un rectangle plus ou moins équivalent) au centre de chaque delta. Les points ont été répartis de façon homogène, aléatoire et systématique au sein de ce carré, ce qui correspond à un point tous les 4 km en latitude et en longitude. Les points ainsi localisés au milieu d'un chenal, dans le tanne, une rizière de mangrove ou une partie supratidale d'une île, sont rattachés à la rive (à mangrove) la plus proche. Dans le cadre du Delta du Saloum, ce dispositif n'a pas été effectué, cependant, le transect effectué en 2004 permettant de constituer une base de données comparable, elle a été reprise en ce sens.

Chaque point est constitué d'un à trois relevés, correspondant aux différentes unités phytotopographiques de la zonation. Par exemple, la rive à hauts *Rhizophoras sp.*, la forêt basse à moyens *Rhizophoras sp.*, et la formation buissonnante mixte....





	Légende	<i>Rhizophora sp.</i>	<i>Avicennia africana</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>
 Premier étage : directement sur la rive	Sain			
 Deuxième étage : milieu de mangrove	Partiellement déperissant			
 Troisième étage : arrière-mangrove	Mort sur pied			

### Exemple

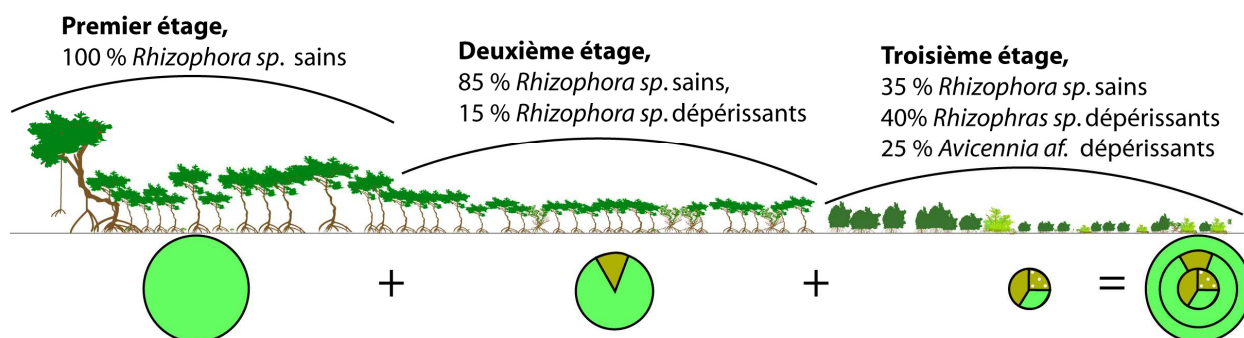


Figure 86 : Relevés ponctuels de la mangrove, exemple de carte du déperissement dans le Rio Cacheu

### **Modes de relevés**

Sur chaque relevé est noté :

- La hauteur maximale, minimale et moyenne des arbres adultes,
- La composition botanique en %
- Une quantification des coupes sur 25 arbres
  - Partielles
  - Totales
  - Absence de prélèvement
- Une quantification du dépérissement sur 25 arbres
  - Partiel
  - total
  - arbre sain
- Une estimation des jeunes pousses sur une placette de 25m<sup>2</sup>

### **Traitement**

Ces relevés ont, avant tout, un objectif cartographique (figure 86) visant la quantification des processus de déboisement, et dans un deuxième temps, la mise en évidence de la part des différents processus de déboisement : la coupe et le dépérissement. Ils permettent entre autres, notamment de discuter du rôle de la régénération dans la résistance des formations de mangrove aux processus de coupe et de dépérissement.

#### **Observations paysagères en relation avec les enquêtes (4.3.2)**

Deux ensembles d'observations de terrain sont directement liés aux enquêtes. La première, la carte du terroir, si elle n'a pas atteint la précision que peuvent présenter des cartes similaires lorsque l'étude en est un sujet plus principal (ethnologie, géographie rurale) permet cependant de spatialiser les grandes divisions du terroir. Elle est complétée par les coupes de végétation qui illustrent les paysages présents et passés représentatifs des principaux changements, lesquels permettent de débattre des facteurs de changement. Enfin, des relevés ponctuels de la mangrove servent à spatialiser et à régionaliser les résultats de l'enquête pour les facteurs de dégradation de la mangrove et constituent un ensemble de relevés dont le dispositif, mis en place en toute fin du travail de terrain, s'est révélé être très rapide et très efficace.

#### **Les enquêtes, leur confrontation au terrain et les outils d'extrapolation et analyses (4.3)**

Les enquêtes se sont révélées une étape clé de la compréhension des pratiques pour pouvoir en établir les impacts. Elles ont bien sûr apportées également de nombreuses informations sur les processus de changements lors d'entretiens avec les gardiens de la mémoire que sont les villageois. Bien qu'extrêmement riches et intéressantes, les enquêtes nécessitent deux analyses supplémentaires. Il s'agit d'une part d'estimer les impacts des pratiques sur le terrain et d'autre part de comparer les villages entre eux dans l'optique de généraliser les résultats des enquêtes.

#### **Collecte et traitement des données de terrain (4)**

Les données de terrain constituent un ensemble disparate qui ne retrouve sens que dans la combinaison qui en est faite dans l'ensemble du schéma méthodologique. Cependant, il ressort que toutes sont issues de procédures de récolte et de traitement adaptées aux questions posées. Les articulations de ces diverses données et de leurs traitements, seront mieux expliquées lors de la restitution des résultats.

## DEUXIEME PARTIE

### Des paysages en dégradation ?

Cette deuxième partie se concentre. Ils permettent, en deux temps, d'appréhender la dynamique des paysages sur les résultats pour débattre de leur dégradation au cours de ces trois dernières décennies. Dans un premier temps, la question posée est : quels changements observables aux échelles régionales ont eu lieu dans les paysages et dans la végétation dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud au cours des trois dernières décennies ? Pour cela il s'agit d'abord d'établir un état de référence au temps présent pour une appréhension de ce qui a changé. Cet état des lieux à l'échelle régionale vise les trois dimensions de la végétation, paysagère, floristique et phénologique (**chapitre 5**). Ce portrait sera ensuite comparé à des portraits plus anciens pour déceler les changements, toujours à l'échelle régionale. Les changements seront étudiés, des plus minimes aux plus importants. Ainsi, pour débiter, on étudiera les fluctuations de l'activité chlorophyllienne, la cinématique de la flore et on poursuivra avec l'analyse de la cinématique de l'occupation du sol (**chapitre 6**). A



cette étape de la discussion il sera possible d'établir un premier bilan à l'échelle macro-régionale sur les changements voire sur la valeur comparée des états actuels et antérieurs pour débiter le débat sur la dégradation.

Cette échelle d'analyse bien que nécessaire autant qu'intéressante pour la question posée, ne suffit cependant pas à établir une dynamique des paysages qui prennent convenablement en compte à la fois les processus de changements et les interactions avec les sociétés. En effet, deux ensembles de lacunes apparaissent au regard de nos objectifs. Premièrement, il s'agit d'appréhender le paysage à son échelle propre, l'échelle kilométrique. Cela permet d'accéder à une information précise sur les éléments de paysages, les structures paysagères, et sur leurs évolutions. La démarche en deux temps (état des lieux au temps présent, puis cinématique) sera donc reprise, à l'échelle locale, pour cinq villages autour desquels l'organisation des paysages et leurs changements seront articulés (**chapitre 7**). Le deuxième ensemble de lacunes, concerne la prise en compte des interactions entre la société et le paysage. Les changements seront donc examinés à la lumière de schémas anthroposystémiques combinant les facteurs anthropiques et naturels de changements et les différentes liaisons entre pratiques et paysages. Il s'agira, d'une part, de passer de la cinématique du paysage à la dynamique du paysage. Il s'agira aussi, d'autre part, de replacer ces dynamiques dans le contexte de l'évolution des ressources et des services écologiques et de pouvoir, enfin, étudier ce qui constitue dans notre cas précis le principal critère de dégradation, de conservation, ou d'amélioration, la situation harmonieuse entre pratiques et paysages permettant la production agricole, forestière et les autres services écologiques (**chapitre 8**).

## 5. État des paysages, à l'échelle macro-régionale, au début des années 2000

Présenter les changements de la flore, de l'occupation du sol et de la phénologie qui peuvent transformer la structure spatiale de la végétation nécessite de les connaître avec précision, au moins à un temps donné qui servira de temps de référence. Ayant choisi le présent comme état de référence, nous décrirons ainsi, dans ce cinquième chapitre, l'organisation spatiale actuelle de la végétation. Il s'agit donc ici d'effectuer une cartographie la plus précise possible et une analyse des différentes cartes pour établir un état de référence des paysages (5.1). La structure spatiale des paysages sera comparée par la suite (6.2) à celles des périodes où l'on possède des informations suffisantes.

Le paysage est, rappelons-le, perçu ici comme un espace hétérogène d'échelle kilométrique caractérisé par sa propre structure. Il est, en somme, un assemblage de formes et, dans le cas étudié, une structure de différents éléments de végétation sous forme d'une matrice, de taches et de corridors suivant les catégories de l'écologie du paysage de Forman et Godron (1986). Chaque paysage possède un contenu comme les ressources, la faune, et celui qui nous intéresse dans un premier temps : le contenu botanique. En effet, dans le cadre de l'étude des changements, il est primordial de connaître ce contenu botanique selon l'hypothèse que les processus de changements agissent sur la végétation, différenciellement selon les espèces. Les espèces sont en effet plus ou moins résistantes à la sécheresse, au feu, plus ou moins consommées par les troupeaux, plus ou moins sélectionnées par les forestiers. Elles réagissent avec plus ou moins de rapidité et de façon plus ou moins durable à tous ces changements. La connaissance de la botanique est donc considérée ici comme une clé nécessaire à la compréhension des processus de changements. Son portrait le plus précis possible doit donc être dressé et la structure spatiale de la flore doit être mise en relation avec celle des paysages (5.2). En effet, l'agencement spatial de la flore peut être étroitement lié avec le seul gradient climatique ou la seule structure des paysages ou avec les deux. Deux paysages différents voisins possèdent-ils une flore identique, proche ou totalement différente ? Deux paysages identiques aux deux extrémités de la zone d'étude (et donc du gradient climatique) possèdent-ils une flore identique, proche ou totalement différente ? Pour cela il s'agit d'étudier séparément la structure de la flore et des paysages et de les confronter ensuite.

De plus, la végétation possède un fonctionnement, dont l'un des processus majeurs est l'activité chlorophyllienne. Or, celle-ci est assez bien détectée par l'analyse des images satellites, via des indices tels le NDVI. Le NDVI est un indice de l'importance de l'activité chlorophyllienne, laquelle peut être suivie avec précision, les données étant parfaitement répétitives. Des variations significatives du NDVI témoignent d'une évolution de la végétation qui peut nous apporter un certain nombre d'informations sur sa cinématique et, à terme, aider à débattre de la question de la dégradation. Nous bénéficions là d'une possibilité d'analyser la réaction de la végétation aux fluctuations du climat selon l'hypothèse que l'activité chlorophyllienne réagit plus ou moins directement aux fluctuations du climat (Camberlin, 2007). A cette étape, il s'agira d'examiner les liens entre l'activité chlorophyllienne et le climat au temps présent pour établir un état des lieux permettant l'analyse temporelle ultérieure (5.3).

## 5.1. Structure régionale de l'occupation du sol

Pour connaître la structure spatiale des paysages, on a choisi de cartographier l'occupation du sol. Pour cartographier aux échelles régionales l'occupation du sol, l'analyse des images de télédétection est apparue comme la méthode la plus pertinente et efficace, notamment du fait de l'importance de la zone d'étude et du caractère reproductible et généralisable des techniques employées et des chaînes de traitements élaborées. Conformément à ce qui a été présenté et discuté au chapitre 3, nous avons appliqué une typologie emboîtée pour réaliser la classification des images avec une première cartographie selon une nomenclature très simple, au sein de laquelle des subdivisions sont recherchées lors d'une deuxième étape. Ainsi, nous étudierons dans un premier temps cette première et simple carte de l'occupation du sol par les boisements de terre ferme et les mangroves. (5.1.1). Ensuite, en nous appuyant sur une deuxième cartographie dont la nomenclature sera plus détaillée, nous étudierons plus en détail l'occupation du sol de la terre ferme (5.1.2), puis celle des vasières (5.1.3).

### 5.1.1. L'occupation du sol par les boisements

La simple distinction des zones boisées et de leurs antagonistes paraît, du point de vue de l'information, assez sommaire. Cependant, d'un point de vue technique, elle se révèle une tâche assez complexe lorsque l'on veut s'assurer de la reproductibilité sur un jeu d'images hétérogène dans l'espace et dans le temps (Cf. 3.1). En outre, c'est une étude utile par ce qu'elle révèle sur une information à la fois indispensable et simple, de façon plus sûre que certaines études qui se focalisent d'emblée sur les détails. L'utilisation de ces résultats dans le débat sur la dégradation est celui-ci : quel est, au début des années 2000, l'agencement, l'importance et le niveau de fragmentation de la couverture boisée ? Pour cela, la carte d'ensemble est d'abord présentée pour analyser la structure macro régionale des boisements (5.1.1.1). Ensuite, nous présenterons les quatre régions séparées pour en analyser les structures micro régionales (5.1.1.2). Nous présenterons enfin une discussion sur la fragmentation des boisements (5.1.1.3).

#### 5.1.1.1. Analyse régionale de l'occupation du sol par les boisements

Sur la carte de l'occupation du sol par la végétation (figure 87), la répartition du domaine des vasières et du domaine de la terre ferme est la première information. Ainsi, les cinq systèmes estuariens ou deltaïques occupent un espace variable. Le delta du Saloum s'étend sur une largeur d'une trentaine de kilomètres sur une bande est-ouest et sur une longueur de plus de soixante kilomètres du nord au sud. La Casamance se présente comme une bande de dix à vingt kilomètres de part et d'autre du fleuve, de direction est-ouest avec trois confluent vers le sud et ensemble de chenaux de dix kilomètres sur vingt et vers le nord. L'essentiel de la zone deltaïque est de trente kilomètres (est-ouest) sur quarante kilomètres (nord-sud).

Ces systèmes estuariens ou deltaïques se différencient dans la part qu'y occupe la mangrove. La Casamance est le delta le moins boisé en mangrove. Le Saloum connaît, lui aussi, de grandes superficies de vasières non boisées, essentiellement situées dans le nord du delta. Les trois autres systèmes fluviaux, Gambie, Rio Cacheu et Rio Mansoa, connaissent des taux de boisements des vasières nettement supérieurs, même si les superficies de mangrove sont plus faibles dans le fleuve Gambie et dans le fleuve Mansoa qu'ils ne le sont dans les deltas de la Casamance et du Saloum. L'estuaire du Rio Cacheu apparaît comme un massif de mangrove, de très importante superficie.

Sur la terre ferme, la structure macro-régionale est bien marquée. Par une ligne qui se situe à quelques kilomètres au nord de la rive du fleuve Gambie, on peut diviser la zone d'étude en deux. Une zone peu boisée, au nord, est constituée d'une matrice d'espaces non boisés, ponctuée de taches de boisement de quelques centaines de m<sup>2</sup> à quelques centaines de km<sup>2</sup>.



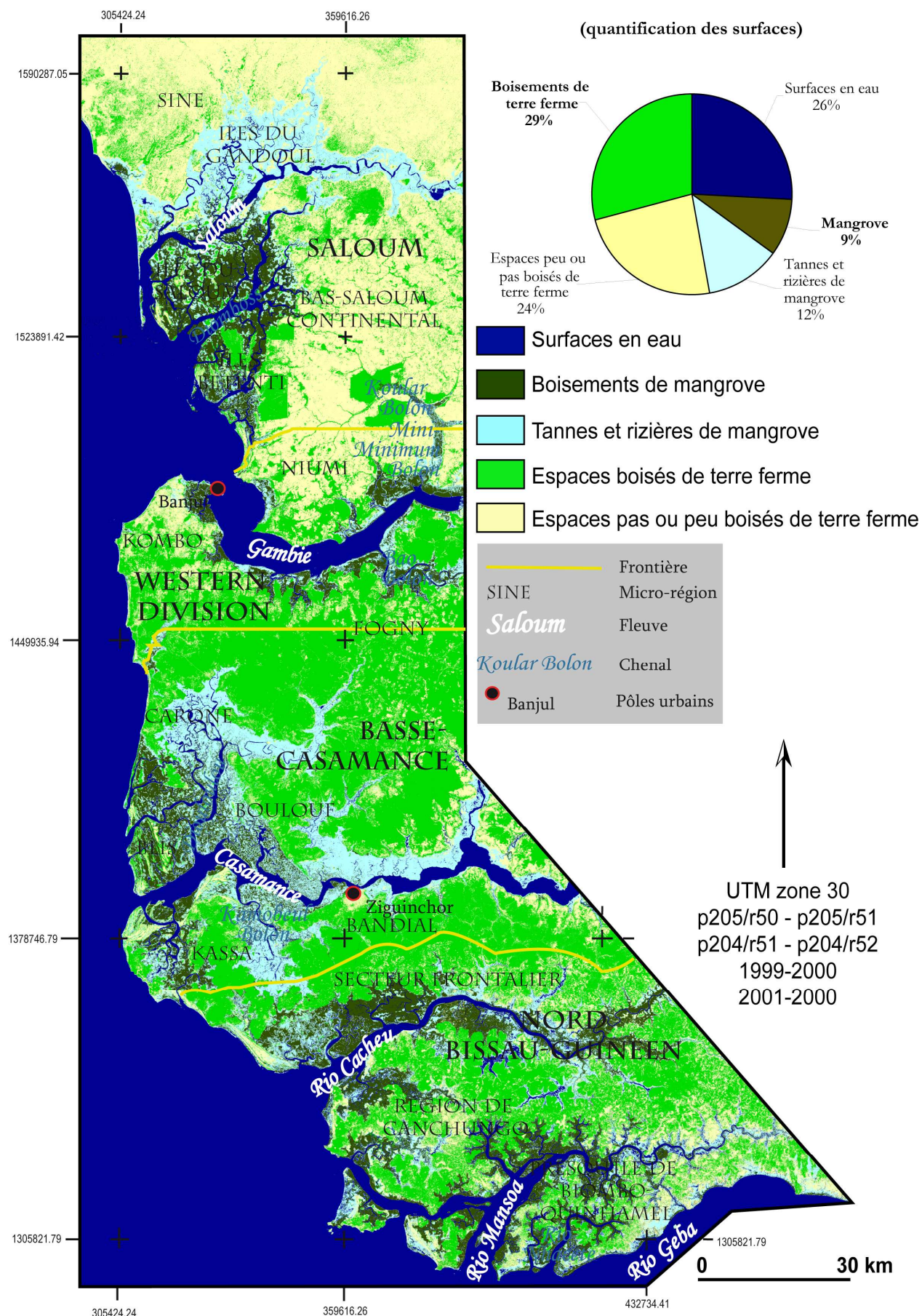


Figure 87 : Carte de l'occupation du sol (5 classes), au début des années 2000

Le sud, au contraire, est très largement boisé avec une matrice de boisements au sein desquels un certain nombre de zones non boisées apparaissent comme des taches, les principales se trouvant sur les rives des fleuves Gambie, Casamance et Mansoa et de leurs confluent.

Les régions septentrionales des Rivières-du-Sud apparaissent donc comme des espaces assez densément boisés. En effet, les surfaces boisées des vasières sont légèrement inférieures aux surfaces non boisées : 9 % de l'image sont couverts de mangroves contre 12 % de vasières non boisées. En revanche, sur la terre ferme, 29 % de l'image sont occupés de boisements contre 24 % de zones peu ou pas boisées. Ce sont donc les espaces boisés qui occupent les plus grandes superficies. Ce constat général doit maintenant être nuancé par une analyse à l'échelle de chacun des éléments constituant l'espace régional, c'est-à-dire, les sous régions.

Les régions septentrionales des Rivières-du-Sud sont boisées à 51%, ce qui les place très au-dessus du taux mondial moyen où seuls 45 pays sur 177 possèdent plus de 50% de zones boisées. Les différentes régions sont plus ou moins boisées : le Saloum, boisé à 24%, se distingue des trois autres régions boisées : 59 % pour la Western-Division, 62 % pour le Nord bissau-guinéen et 66 % pour la Casamance (FAO <http://www.fao.org/forestry/home/fr/>).

### 5.1.1.2. Analyse aux échelles micro-régionales

#### *Analyse des taux de boisement*

Les taux de boisement de terre ferme sont très faibles dans le Saloum : 22 % des zones sont boisés. La région mitoyenne présente des taux de boisement nettement supérieurs avec 55 % d'espaces boisés. Conformément au gradient qui a commencé à apparaître entre Saloum et Gambie, le rapport atteint 83 % en Basse-Casamance. Vient ensuite le Nord bissau-guinéen dont le rapport de 69 % démontre que la distribution des zones boisées ne dépend pas seulement du gradient climatique.

Les taux de boisements en mangrove sont de 62 % dans le nord bissau-guinéen et 64 % en Western-Division, ce qui s'explique par les meilleures conditions hydrologiques. En revanche, dans le delta du Saloum et en Basse-Casamance, les mangroves sont peu boisées avec un taux de 37 % dans le Saloum et de 39 % en Basse Casamance, ce qui est attendu au regard des caractéristiques hydriques et humaines de ces deltas, dont le premier est particulièrement touché par la sur-salinité et le deuxième combine une grande salinité et un important aménagement en rizières. Le taux d'occupation du sol par les mangroves est très élevé dans le Nord bissau-guinéen, montrant que les conditions hydrologiques y permettent une importante couverture végétale et que la riziculture de mangrove y occupe peu d'espace.

	<i>Terre ferme</i>		<i>Vasières</i>	
	<i>Boisée</i>	<i>Non boisée</i>	<i>Boisées</i>	<i>Non boisées</i>
Bas-Saloum	22 %	78 %	37 %	63 %
Western-Division	55 %	45 %	64 %	36 %
Basse-Casamance	83 %	17 %	39 %	61 %
Nord bissau-guinéen	69 %	31 %	62 %	38 %
Les pourcentages sont donnés par rapport au domaine (les vasières sans les surfaces en eau ou la terre ferme)				

**Tableau 8 : Taux de boisements des différentes sous régions**

Cependant, une fois encore, les profils régionaux cachent de grandes hétérogénéités et un certain nombre de sous-régions apparaissent bien différenciées dans la répartition de leurs boisements.

### *La région du Saloum*

Les îles du Gandoul, au nord du fleuve Saloum, sont un espace de vasières ponctué de quelques îles de terre ferme (figure 88). Les vasières sont très peu boisées, et les îles de terre ferme ne le sont que ponctuellement. Les îles du Saloum (entre le Fleuve Saloum et le Fleuve Diomboss) et les îles Betenti (au sud du Fleuve Diomboss) sont également des vasières ponctuées d'îles de terre ferme. Le taux de boisement des mangroves y est largement supérieur. Les îles sont, en règle générale, boisées en l'absence de peuplement humain et largement déboisées quand un village y est implanté. L'amont du chenal de Koular est assez peu boisé.

Les secteurs continentaux autour du delta du Saloum se présentent sous la forme d'une transition entre un type d'agencement dans le Sine et un autre dans la région frontalière. Au nord, l'agencement des paysages est celui de boisements très ouverts, linéaires au sein d'une matrice pas ou peu boisée avec une tendance au passage progressif d'un boisement ouvert à un espace non boisé.

Au sud, près de la frontière avec la Gambie, les principales zones boisées correspondent aux forêts classées. Elles sont de formes parfaitement géométriques continues (sans taches non boisées en leur sein). Autour de ces formes, les limites entre zones boisées et zones non boisées sont ici nettement plus marquées, les espaces boisés continus étant mitoyens d'un espace non boisé continu. Entre ces grands massifs géométriques, des corridors de boisements assez régulièrement répartis, sont tout aussi clairement délimités.

En situation intermédiaire, le nord-ouest du Bas-Saloum continental présente un agencement mitigé entre ces deux profils : les forêts classées se distinguent bien sur la carte étant, à l'instar du Bas-Saloum, entourées de zones totalement déboisées et, à l'instar du Sine, présentant de nombreuses taches extrêmement petites au sein de ces matrices non boisées.

### *La Western-Division*

L'Ouest gambien présente, de part et d'autre du fleuve, de petits ensembles de vasières, déconnectés entre eux. Chacun de ces marais présente un taux de boisement qui lui est propre, comme celui en rive nord, le plus proche de l'embouchure, qui est particulièrement peu boisé, contrairement à celui qui, en face, jouxte la ville de Banjul. Cette hétérogénéité varie cependant à l'échelle locale et non à l'échelle des sous régions (figure 89).

La terre ferme est, en Gambie, un espace de transition entre le nord peu boisé et le sud boisé. En effet, le Niumi, de la frontière à la frange qui longe le fleuve, est un espace peu boisé rappelant le Bas Saloum continental. Les boisements y sont cependant linéaires et à proximité des vasières et non géométriques et régulièrement répartis. La rive du fleuve est donc la plus largement boisée. En rive sud, à l'ouest, c'est-à-dire à proximité des villes, de nombreux espaces sont non boisés, tels que les villes elles mêmes, certains espaces agricoles ou autres aménagements. À l'est, le Fogny gambien est très fortement boisé présentant, de part et d'autre de la route principale et le long des chenaux à mangrove, un certain nombre de parcelles déboisées qui correspondent aux zones agricoles des villages.

### *La Basse-Casamance*

La Basse-Casamance présente un très grand marais maritime. Le taux de boisement de ses vasières est fortement décroissant depuis l'ouest vers l'est. La rive nord, entre le Diouloulou et l'océan, est le principal massif globalement continu avec plus de mangroves que de tannes et de rizières de mangrove. En rive sud, les chenaux au sud de Carabane constituent le second massif de mangrove. Il est, lui aussi, globalement continu avec de faibles superficies de vasières non boisées. Les vasières autour du chenal de Kamobeul et de ses confluent, ainsi que le fleuve Casamance à l'amont de Ziguinchor, sont des espaces peu boisés, les zones boisées se situant à aval (figure 90).

La terre ferme est largement boisée. Les boisements constituent une matrice continue où l'on distingue un certain nombre de parcelles non boisées disséminées dans la région, bien que plus densément localisés à proximité des vasières. Certaines grandes taches, pas ou peu boisés, correspondant à des zones de peuplement dense ou à des ensembles dunaires.



N : 1596802.61  
E : 293335.37

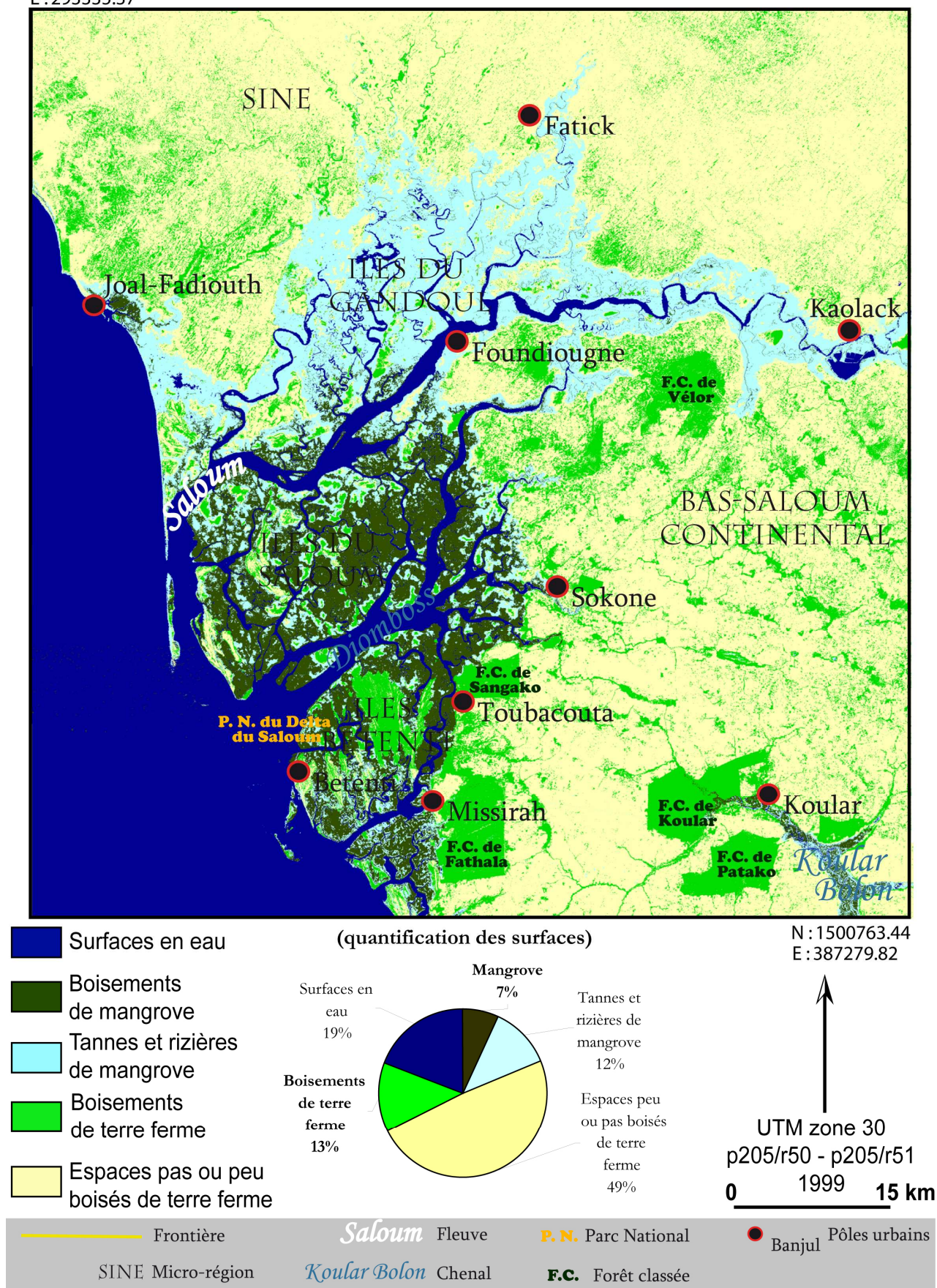
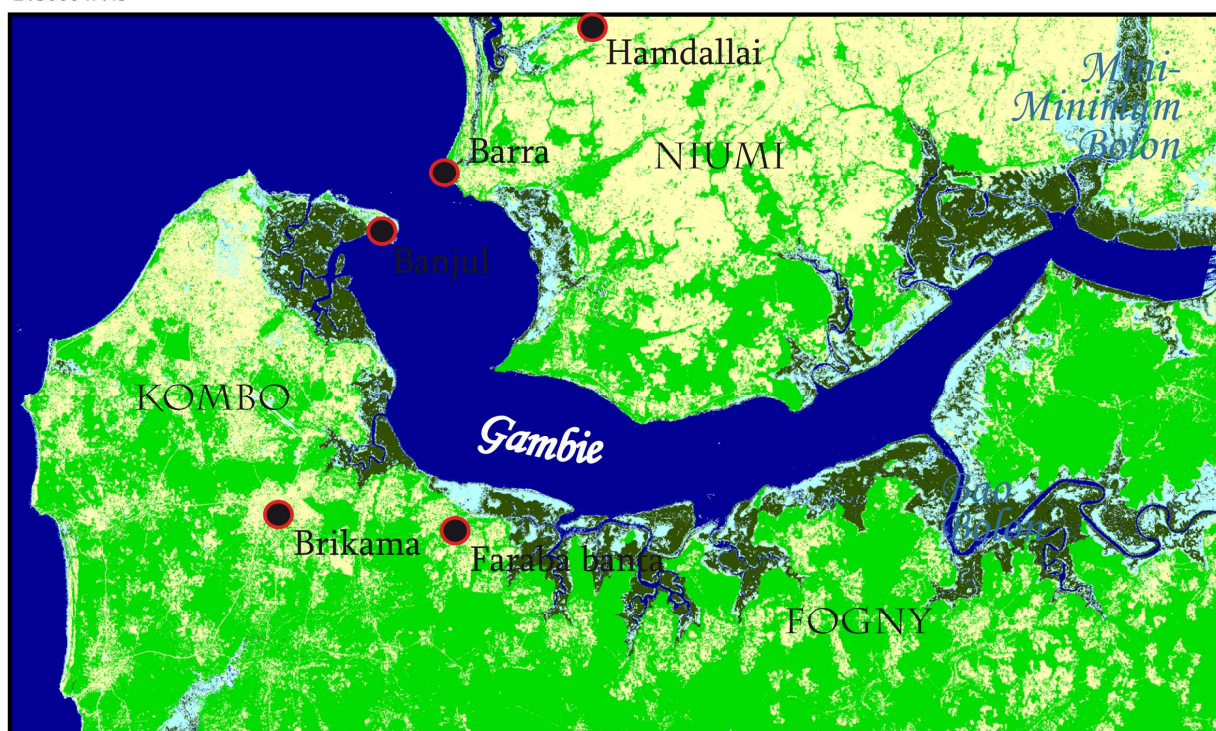


Figure 88 : Carte de l'occupation du sol (5 classes) du Saloum (Sénégal) au début des années 2000



N : 1503510.41  
E : 300047.45



N : 1451406.62  
E : 387613.43



### Quantification des surfaces

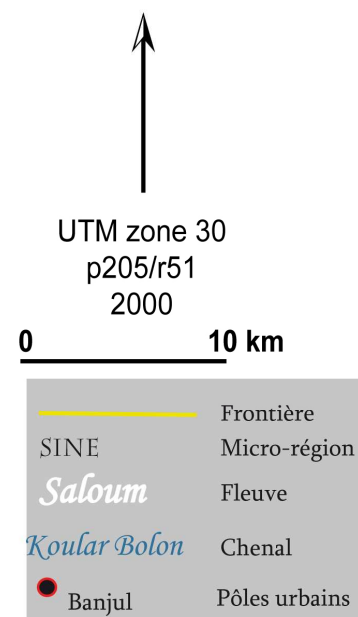
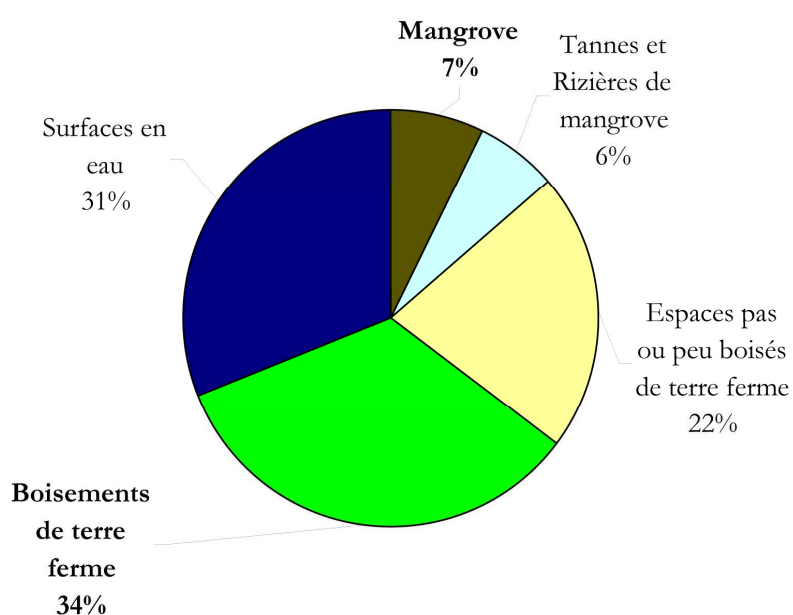


Figure 89 : Carte de l'occupation du sol (5 classes) de la Western-Division (Gambie) au début des années 2000



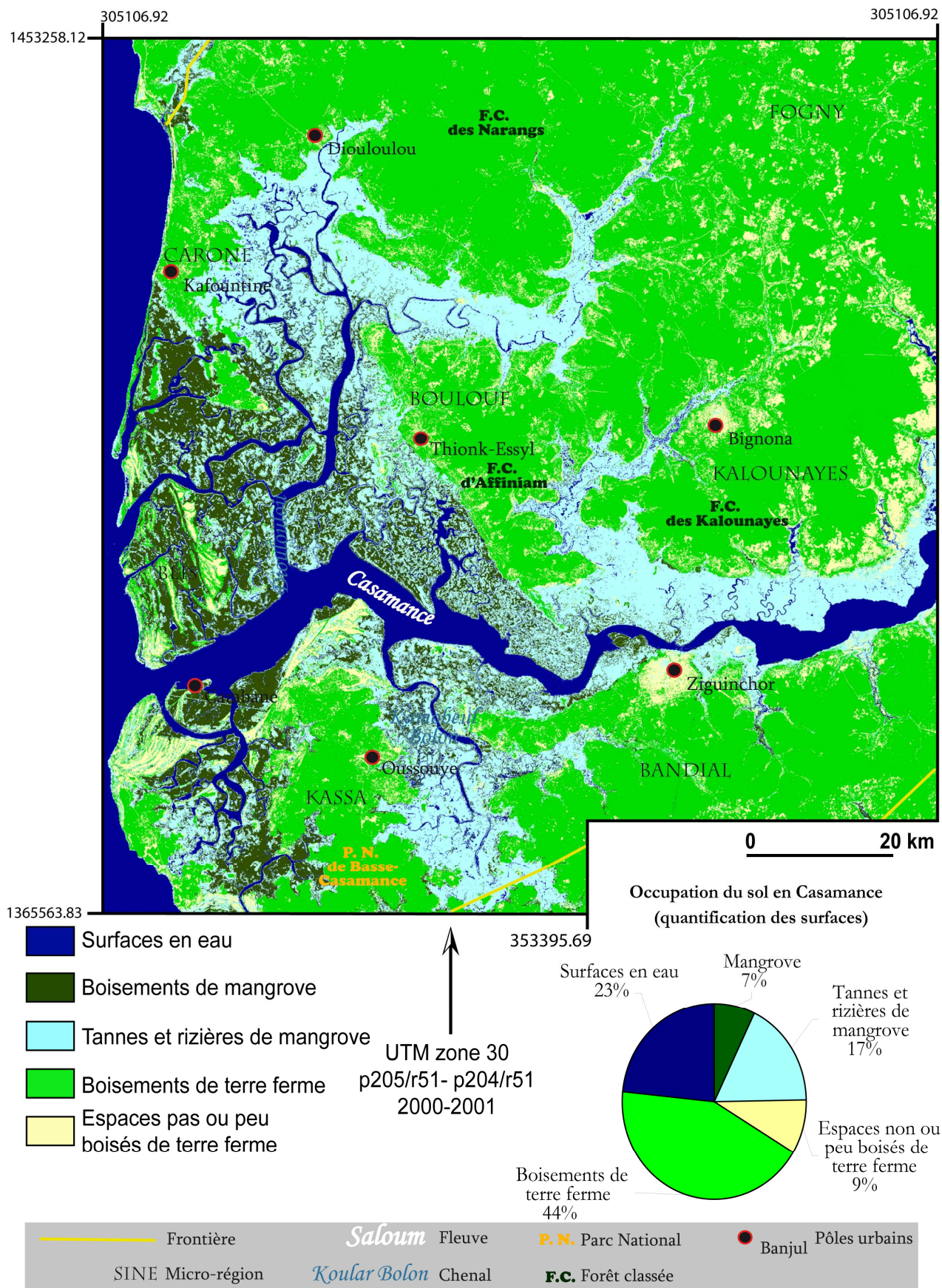


Figure 90 : Carte de l'occupation du sol (5 classes) de la Basse-Casamance (Sénégal) au début des années 2000



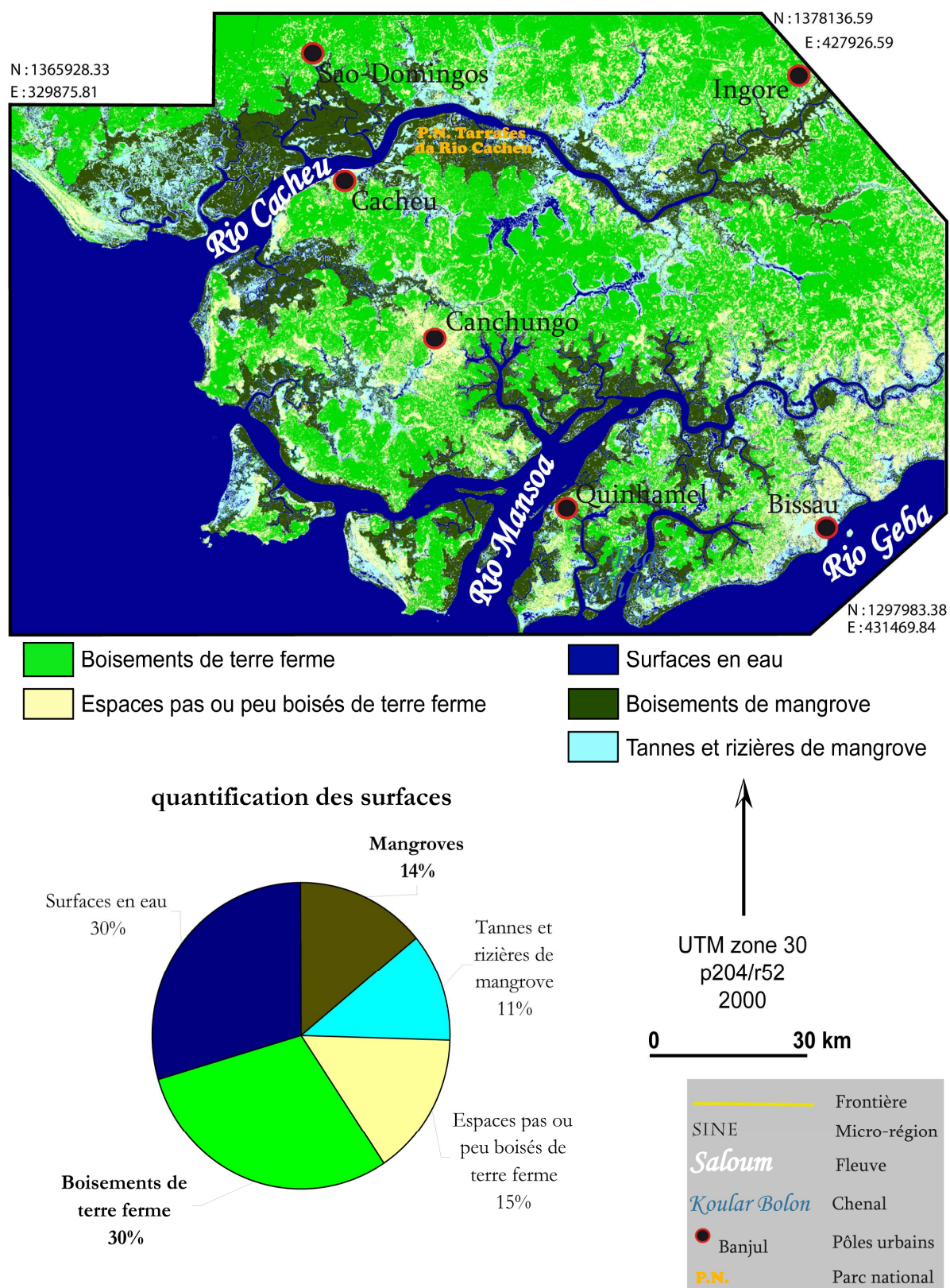


Figure 91 : Carte de l'occupation du sol (5 classes) du Nord bissau-guinéen au début des années 2000

### Le Nord bissau-guinéen

Quatre secteurs peuvent être distingués le long du Rio Cacheu : un premier secteur, le plus proche de l'embouchure est moyennement boisé en mangroves. Un deuxième secteur, à l'amont de Cacheu correspondant au parc national<sup>42</sup>, est très densément boisé. Un troisième secteur, à l'amont de Gendem, est peu boisé. La partie la plus en amont, au delà de Sao-Vincente, est fortement boisée (figure 91).

La terre ferme présente dans l'ensemble un très important boisement avec, une fois encore, quelques secteurs non boisés, dont le principal en rive du Rio Geba, est le secteur de la capitale. Le second secteur d'important déboisement se situe autour de Canchungo entre le Rio Cacheu et le Rio Mansoa et sur les rives de ces deux fleuves.

#### 5.1.1.3. La fragmentation des boisements

La fragmentation des boisements peut être estimée par le rapport entre superficies boisées et nombre de taches de boisements, qu'ils soient des îlots de quelques km<sup>2</sup> ou des boisements continus sur plusieurs milliers de km<sup>2</sup>. La fragmentation peut aussi jouer, outre la division de l'occupation du sol par les boisements en petites taches, sur la forme de la tache qui peut être transformées à ses marges et rendue plus complexe sans être séparée en deux massifs. Pour permettre cet examen, on donne, parallèlement au rapport entre superficie et nombre de taches, la moyenne de l'indice de forme de chaque tache de la classe, qui illustre la complexité des formes d'un type d'occupation du sol pour une région et à une date donnée.

Le L.S.I. *Landscape Shape Index* est l'indice de forme des taches de boisement. C'est un indice de fragmentation de la couverture boisée plus précis et plus complet que le simple rapport entre le nombre de taches et la superficie totale de la classe. Il calcule en effet le rapport entre le périmètre de l'ensemble des patchs d'une classe et le périmètre d'un carré de même superficie. Cet indice dépend donc du nombre de taches et du caractère complexe de chacune d'entre elles. (Forman et Godron, 1986 ; Crews-Meyer, 2004 ; Southworth *et al.*, 2004 ; Messina *et al.*, 2006).

### En terre ferme

Le Saloum, bien que peu boisé, comprend un très grand nombre de taches (figure 92). La couverture boisée de terre ferme du Saloum est donc composée d'un très grand nombre de très petites entités de boisement. La Western-Division présente un boisement beaucoup moins fragmenté. En effet, elle présente une superficie totale plus petite, avec un nombre de taches significativement moindre. Le Nord bissau-guinéen est plus boisé que la Western-Division, et *a fortiori* que le Saloum, et présente un nombre, encore plus petit, de taches. Il est donc encore moins fragmenté que les deux régions les plus septentrionales. La Basse-Casamance est à la fois la plus boisée en superficie et la moins fragmentée car elle présente le plus petit nombre de taches forestières. Les formes des taches de boisement dans le Saloum sont les plus simples. Ceci s'explique par le grand nombre de pixels isolés ou de taches de petits nombres de pixels de forme simple, et par le caractère très régulier des taches s'explique par la présence de la grande matrice forestière. Les formes sont assez complexes en Gambie et dans le Nord bissau-guinéen, ce qui s'explique par des taux de boisements moyens et des taches aux contours tortueux, liés notamment à la topographie.

En croisant les deux indices, on peut interpréter de façon satisfaisante l'indice le plus global et synthétique qui sera retenu pour quantifier la fragmentation : le LSI. Avec 95 000 ha sous la forme de 76 000 taches de forme simple, **le Saloum connaît un LSI de 358**. Avec 134 000 ha en seulement 32 275 taches de formes très complexes, **la Gambie, connaît un LSI de 334**, soit à peine inférieur à celui du Saloum. En présentant 274 000 ha pour seulement 18 000 taches simples, **la Casamance connaît un LSI très faible (173)**. En présentant 200 000 ha en 25 000 taches de forme complexes, **le Nord bissau-guinéen, apparaît légèrement moins fragmenté que la Western-Division (326)**.

<sup>42</sup> Parco Nacional des Tarrafes da Rio Cacheu

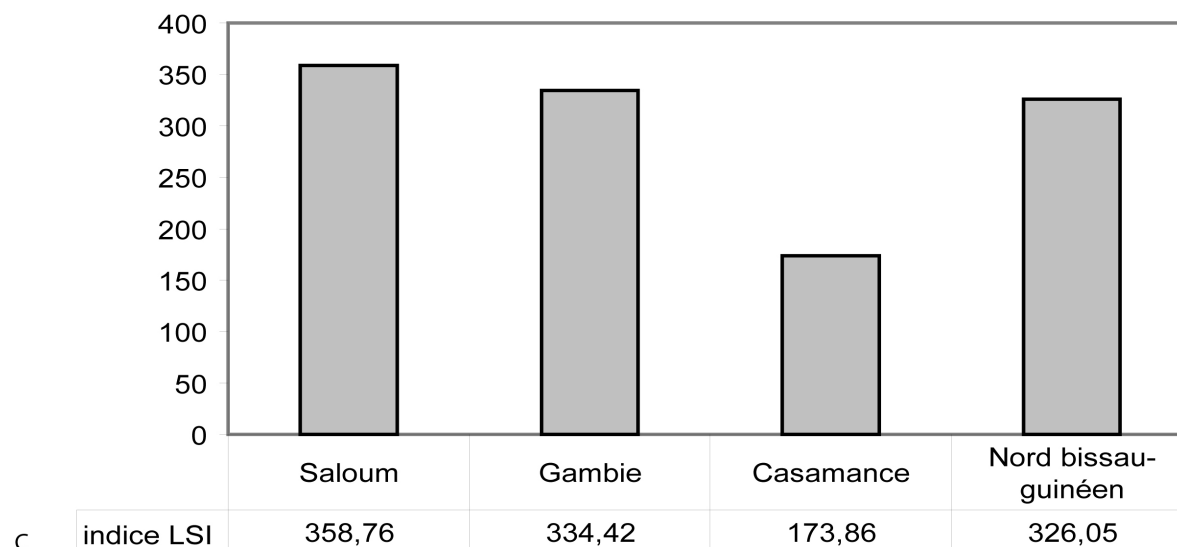
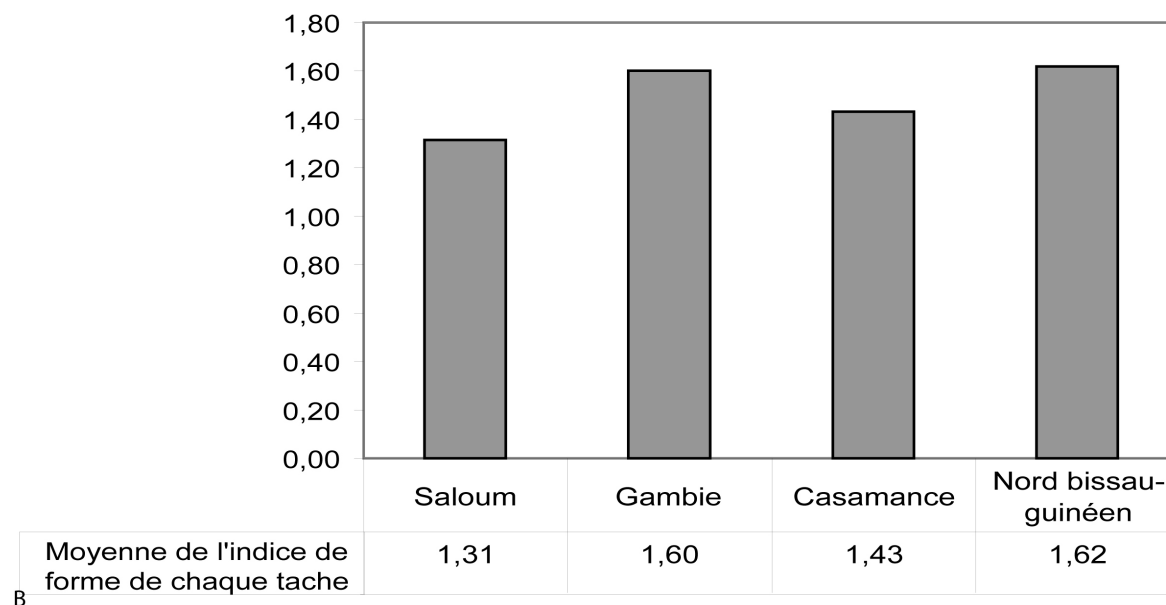
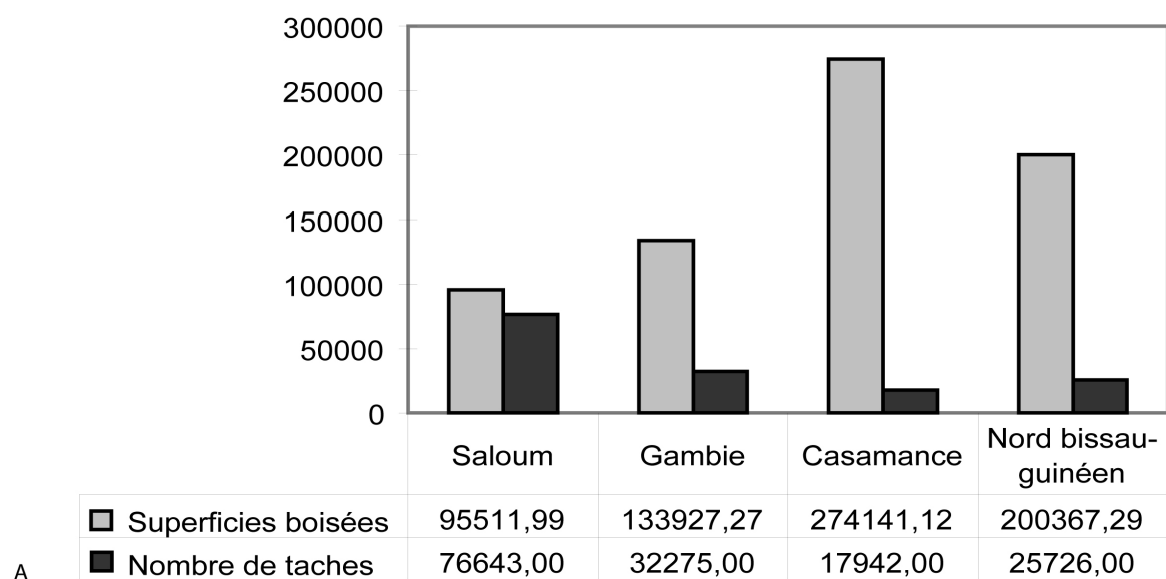


Figure 92 : Fragmentation des boisements de terre ferme au début des années 2000



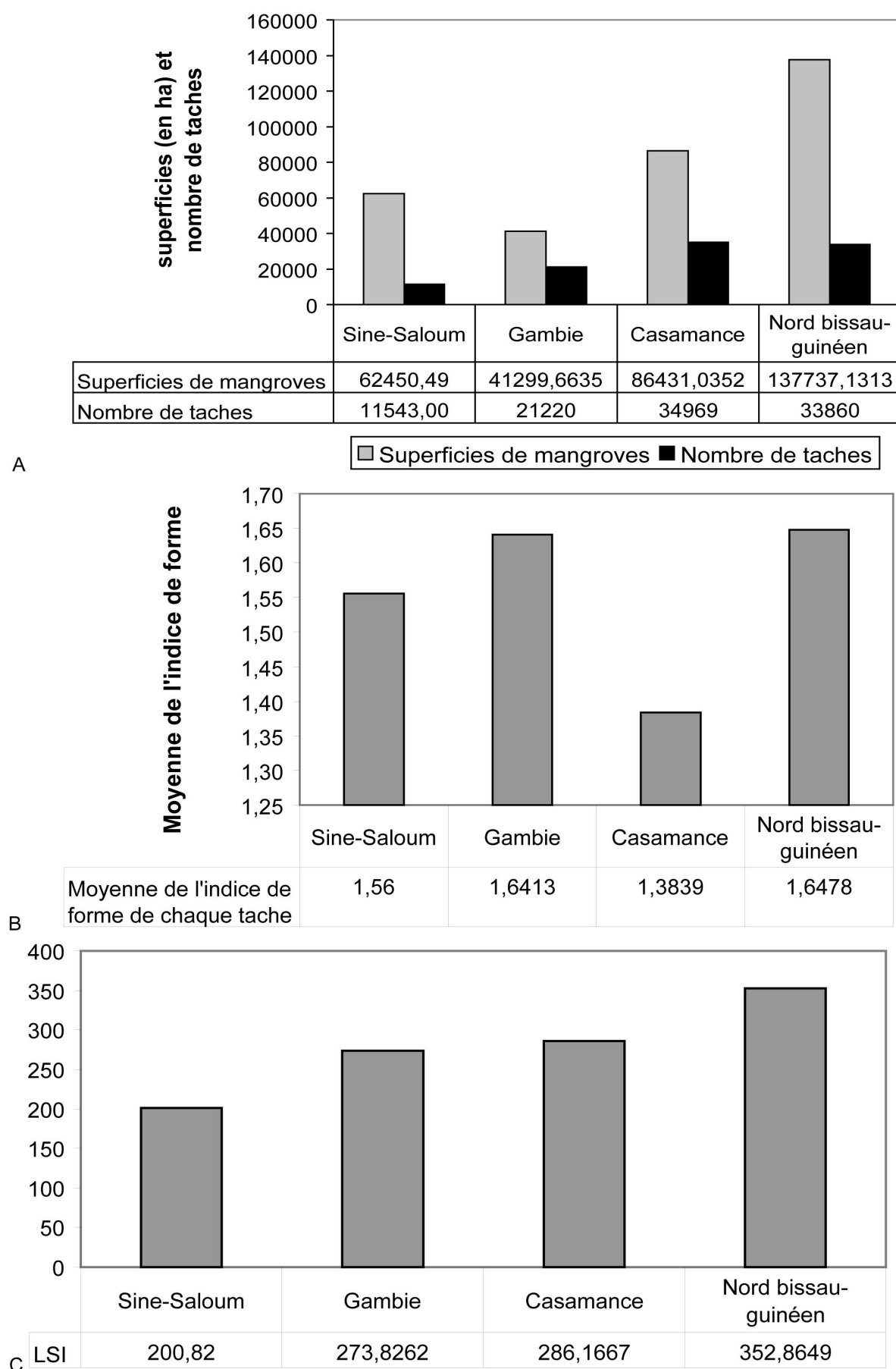


Figure 93 : Fragmentation des boisements de mangrove au début des années 2000

### *En vasières* (figure 93)

La fragmentation des mangroves et celle de la terre ferme ne sont pas comparables, à cause du caractère insulaire des mangroves qui fragmente les boisements. Cependant, de la même façon que l'on peut en terre ferme comparer les régions entre elles, on peut comparer en mangrove les régions entre elles. Les superficies des mangroves du Saloum sont constituées d'un très petit nombre de taches (11 000). La Gambie, où les superficies de mangrove sont faibles, connaît un plus grand nombre de taches, elle apparaît donc beaucoup plus fragmentée. La Casamance présente d'importantes superficies de mangrove en un assez grand nombre de taches, elle apparaît comme peu fragmentée. Le Nord bissau-guinéen connaît des superficies de mangrove encore plus grandes avec un nombre de taches équivalent. Il apparaît donc très peu fragmenté également.

Les formes sont complexes en Gambie et dans le Nord bissau-guinéen, assez complexes dans le Saloum et très simples en Casamance. Ainsi, **dans le Saloum, où l'on trouve un faible nombre de taches de formes assez complexe, le LSI est le plus faible. Le LSI de la Gambie est plus fort**, ce qui s'explique par un assez grand nombre de taches de formes complexes, pour une faible superficie totale. **Le LSI de la Casamance est légèrement plus fort**, ce qui est lié au grand nombre de taches. **Le Nord bissau-guinéen possède un LSI très fort** qui s'explique par un grand nombre de taches aux formes complexes.

#### L'occupation du sol par les boisements (5.1.1)

La distinction des espaces boisés et non boisés donne des résultats intéressants. Sur terre ferme, elle a permis de distinguer deux grands ensembles. Le Bas-Saloum et le Niumi constituent un premier ensemble peu boisé. Au sein de cet espace, la grande majorité des paysages est constituée d'une matrice agricole faiblement boisée (dont l'aspect et le contenu sont à préciser) dans laquelle s'insèrent corridors et taches de boisements. Au sud, les régions sont très boisées. La matrice est boisée, ponctuée de taches et traversée de corridors non boisés.

La carte offre des informations plus précises que cette subdivision en deux ensembles régionaux. D'une part, l'importance du taux de boisement et la continuité des taches augmentent assez progressivement depuis le nord vers le sud jusqu'à la Basse-Casamance. Le point culminant des taux de boisement et de continuité est un boisement continu qui, depuis le Kombo jusqu'aux Kalounayes, constitue la principale matrice forestière de la zone d'étude. Au sud du fleuve Casamance, même en faisant abstraction des discontinuités des boisements liées à la présence des fleuves et chenaux, cette continuité s'altère progressivement et la fragmentation augmente fortement, alors que les superficies boisées restent très grandes.

L'importance des superficies boisées des massifs de mangroves croît du nord au sud inversement à la fragmentation, en dehors de la Gambie où les superficies de boisement sont moindres que celles du Saloum. Par ailleurs, la mangrove présente des profils différents le long des gradients amont-aval des systèmes estuariens ou deltaïques. Le Saloum présente, dans les îles du Gandoul, des taux nettement plus faibles que dans le Sud, de la même façon que la Casamance, dans les trois secteurs éloignés de l'embouchure, présente des taux de boisements très faibles en comparaison à ceux de l'embouchure et du centre du Delta. Le Rio Cacheu présente, en revanche, de moindres boisements dans sa partie centrale.

La cartographie de l'occupation du sol est abordée en deux temps, selon deux typologies emboîtées. La répartition des zones boisées ayant été étudiée, il s'agit d'étudier cette fois la répartition des types de paysages de mangrove et des types de paysages de terre ferme.

## 5.1.2. Structure de l'occupation du sol en terre ferme

Pour établir un état des lieux le plus précis possible, nous abordons maintenant l'agencement des types de paysages. Quelle est la répartition des différents types de paysages ? Quelle est l'importance de chacun ? Quelle est sa distribution ? Quelles structures spatiales forment l'agencement des paysages à l'échelle micro-régionale ? Pour répondre à ces questions, dans un premier temps, nous présenterons l'agencement des paysages végétaux à l'échelle macro régionale (5.2.2.1). Dans un deuxième temps, nous présenterons l'occupation du sol des quatre régions étudiées (5.2.2.2).

### 5.1.2.1. Agencement macro-régional

#### *Carte régionale*

On retrouve tout d'abord, figure 94, l'agencement des zones boisées et des zones non boisées sur lequel il n'est pas nécessaire de revenir. Au sein des zones non boisées, la structure régionale de la répartition des zones non boisées par rapport aux zones faiblement boisées n'apparaît pas très clairement sur la figure 94.

Concernant les secteurs boisés, le nord de la zone : Sine, îles du Saloum et moitié nord du Bas-Saloum continental n'est composé que de boisements très ouverts et ouverts. Le sud du Bas-Saloum et la Gambie présentent une grande hétérogénéité dans la répartition des trois niveaux de densité de ses boisements : très ouvert, ouvert et dense. Le Fogny et les Kalounayes présentent, dans une grande matrice de boisements ouverts d'une remarquable homogénéité, des taches de boisements très ouverts et de boisements denses. Au sud de la Casamance, la structure redevient complexe, étant composée de mosaïques de boisements variables. Les boisements denses deviennent nettement plus fréquents et les boisements très denses apparaissent sous la forme de très petites taches regroupées dans le sud-ouest du Kassa et en rive sud du Rio Cacheu.

#### *Cartes de fréquence locale*

Pour faire ressortir l'importance locale de telle ou telle classe d'occupation du sol, on a calculé la fréquence locale de présence de chaque type d'occupation du sol sur une fenêtre de sept pixels de côté. La figure 95 montre les différences de répartition des sols nus. Les sols nus, qui correspondent à 19 % de la terre ferme, dominent à l'extrême nord est de la zone d'étude, où l'on s'approche du cœur du bassin arachidier et dans le secteur frontalier entre le Bas-saloum et le Niumi. Les espaces très faiblement végétalisés correspondant à 26 % de la terre ferme connaissent une répartition beaucoup plus régulière au sein des grands ensembles non boisés (figure 96). Seul le Sine semble présenter une fréquence locale particulièrement importante de ces espaces peu boisés. Il est possible qu'on détecte ainsi les parcs à acacias importants dans cette région.

La figure 97 montre que les boisements très ouverts apparaissent particulièrement fréquents dans les forêts classées du nord où cette formation végétale occupe des surfaces homogènes d'assez grandes superficies très bien délimitées. On les retrouve ensuite dans des proportions moyennes dans le Kombo, en Basse-Casamance en bordure de vasières et dans le Nord bissau-guinéen loin de ces dernières.



# Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud

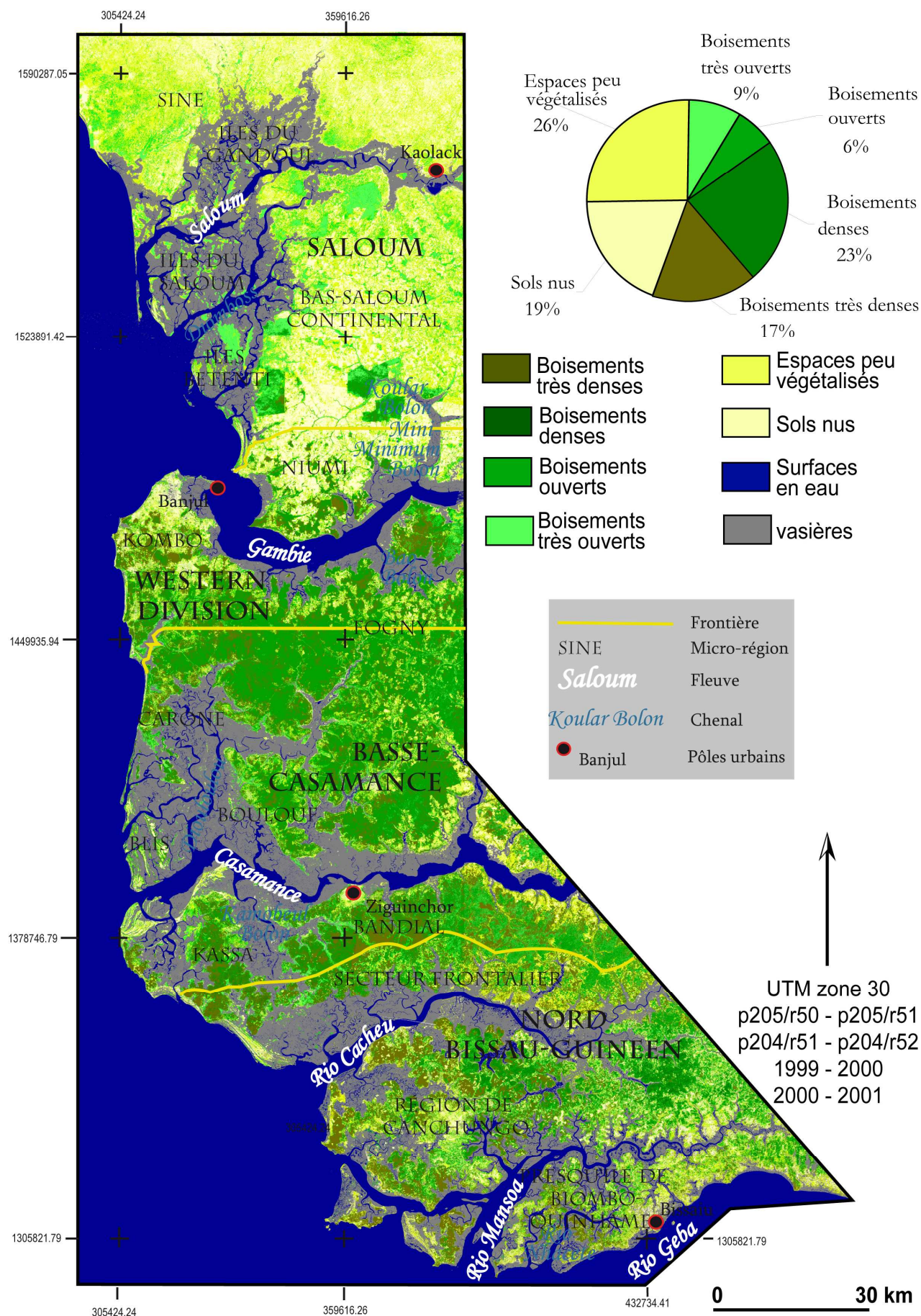


Figure 94 : Carte de l'occupation du sol en terre ferme au début des années 2000



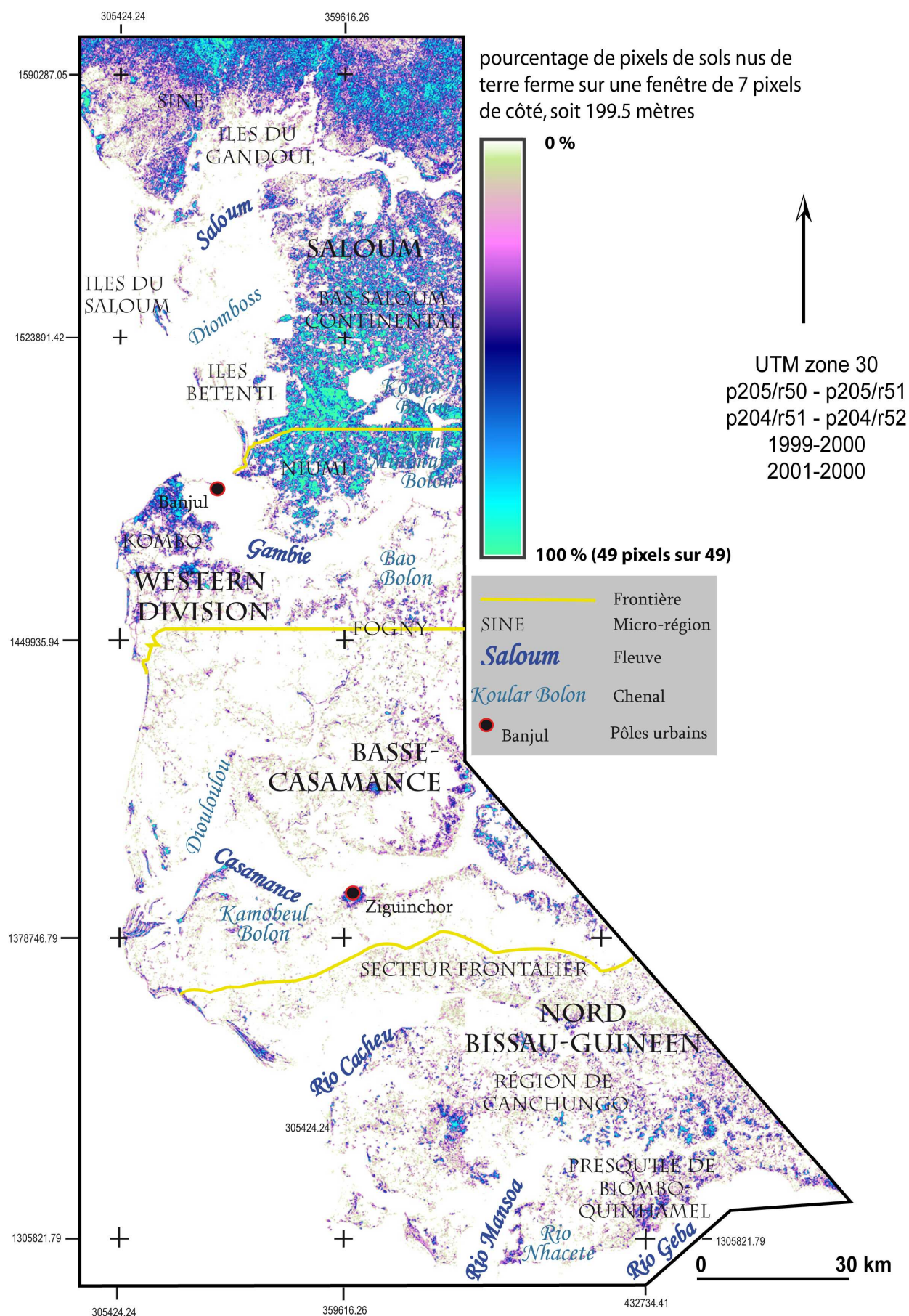


Figure 95 : Carte de fréquence locale des sols nus au début des années 2000

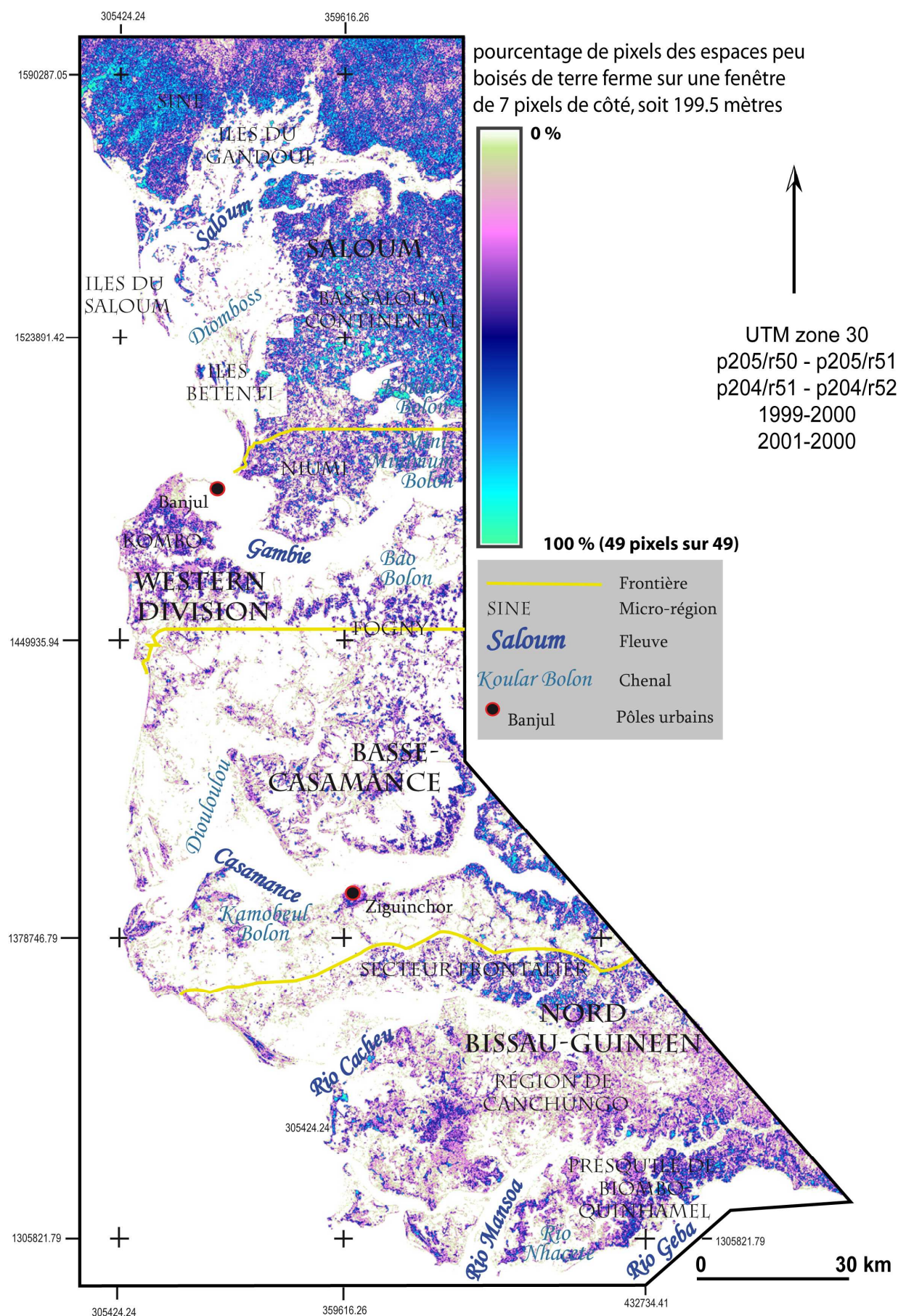
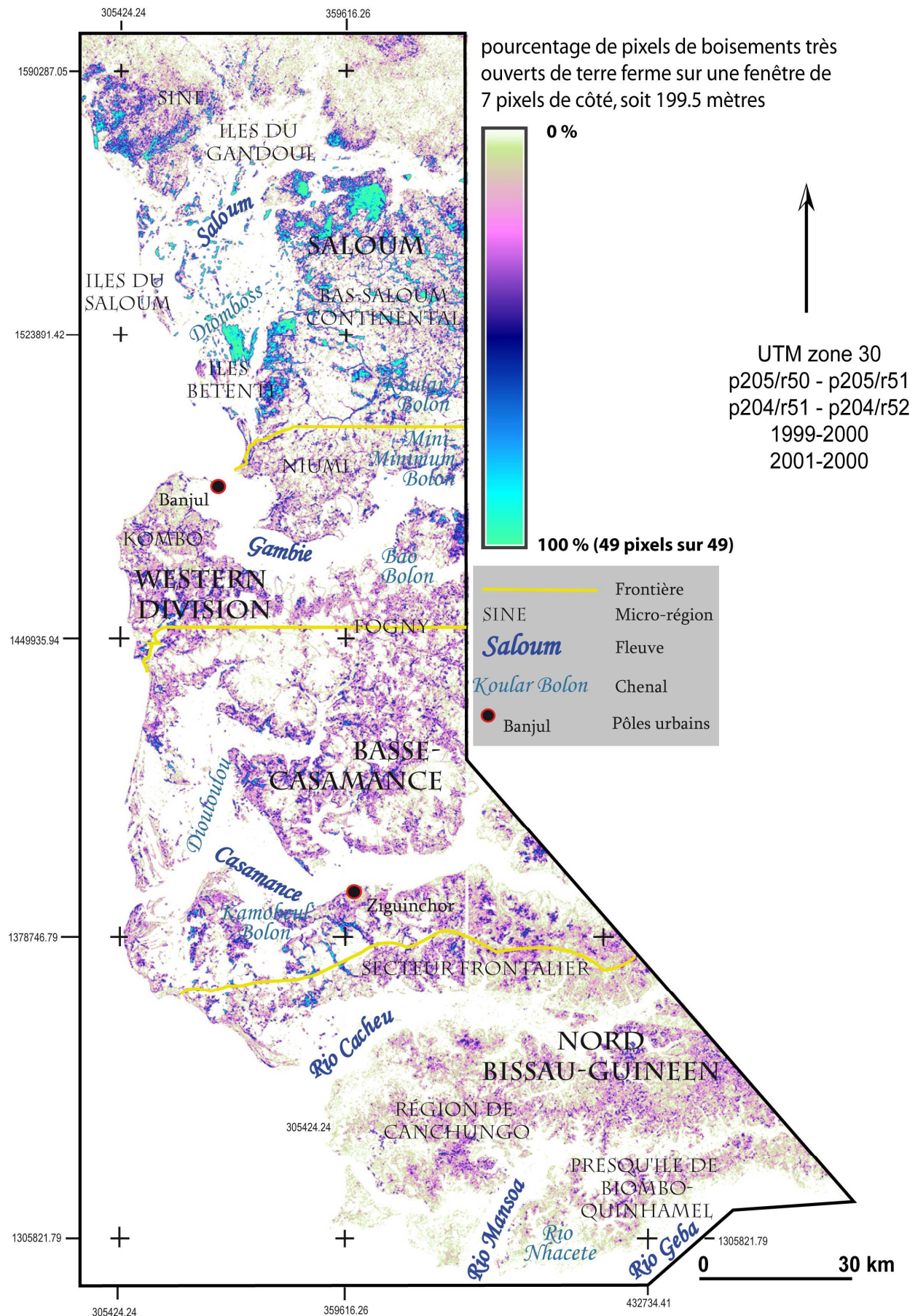


Figure 96 : Carte de fréquence locale des espaces peu boisés au début des années 2000





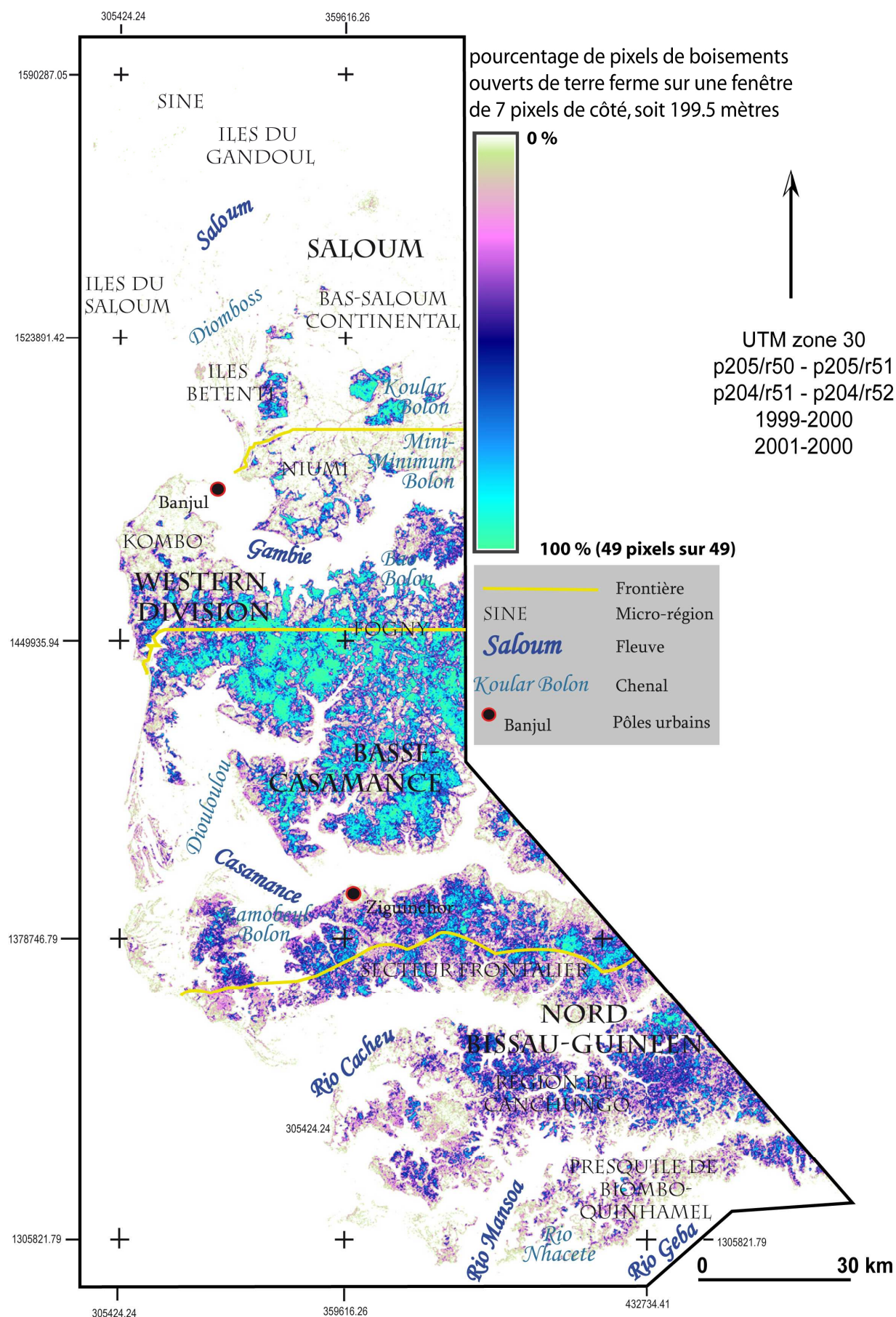


Figure 98 : Carte de fréquence locale des boisements ouverts au début des années 2000



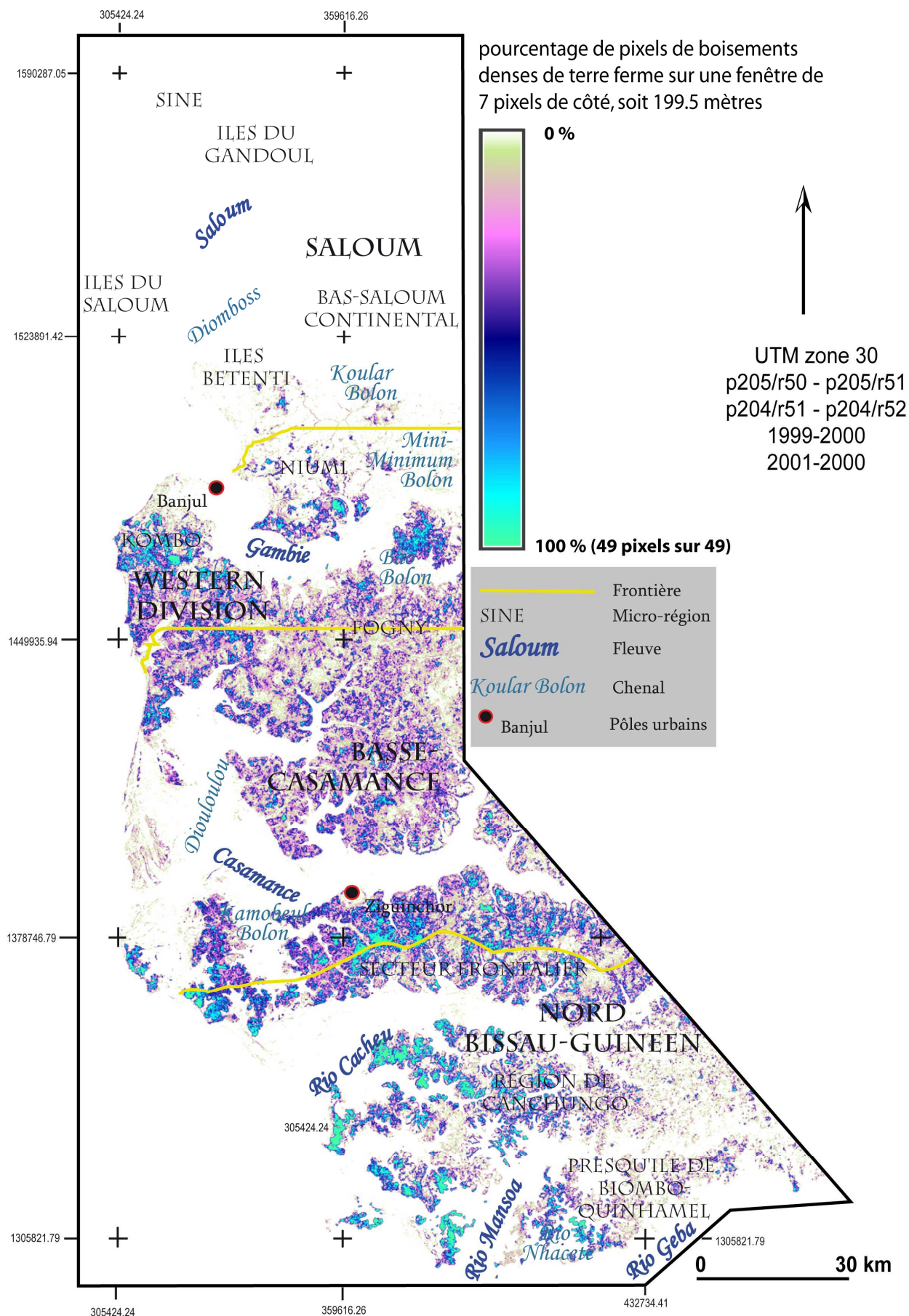


Figure 99 : Carte de fréquence locale des boisements denses au début des années 2000



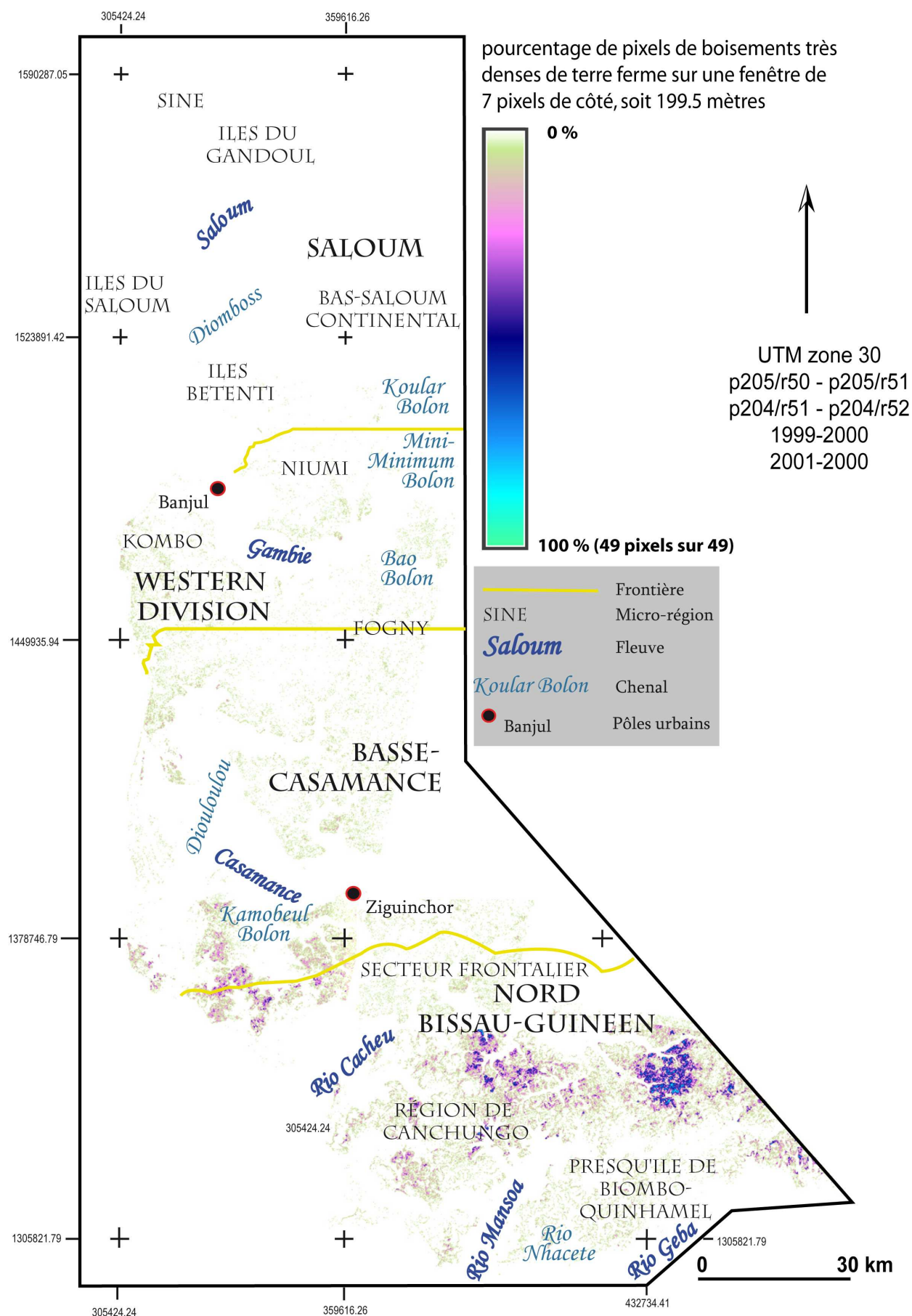


Figure 100 : Carte de fréquence locale des boisements très denses au début des années 2000

Les boisements ouverts (figure 98) sont très nettement dominants du fleuve Gambie au fleuve Casamance, où de très grandes superficies sont très largement dominées par ce type de formation végétale. On les retrouve également dans une partie des forêts classées les plus méridionales du Bas-Saloum, et dans le secteur frontalier entre Casamance et Guinée-Bissau. Les boisements denses (figure 99) sont assez importants dans le Kombo, l'extrême sud du Niumi et à l'est du Bao Bolon ; ils sont assez peu présents jusqu'à la Casamance (outre certains secteurs avoisinant les vasières) et dominant d'assez nombreux secteurs de la région frontalière et du Nord bissau-guinéen. Les boisements très denses apparaissent concentrés autour de trois secteurs : au nord de Bissau, au nord-est de Canchungo et dans le Kassa. (figure 100). Les boisements les plus denses sont plus importants au sud et *vice-versa*, cependant, l'importance locale des boisements très ouverts n'interdit pas celle de boisements très denses. En d'autres termes, une mosaïque aux éléments très contrastés peut se présenter, comme c'est le cas dans le Nord bissau-guinéen. D'autre part, certaines différences dans la répartition des types de couverture boisée ne sont pas liées à la localisation latitudinale ; c'est notamment le cas pour les sols nus et les zones très peu boisées.

### 5.1.2.2. Portraits micro-régionaux

#### *Saloum*

Les boisements des îles, du Sine et du nord du Bas-Saloum continental, sont tous très ouverts à l'exception des grandes forêts classées du sud du Bas-Saloum continental qui sont composées de matrices de boisements très ouverts ponctuées de taches de boisements ouverts, voire denses (figure 101).

#### *La Western-Division*

La structure de l'occupation du sol dans la Western-Division est très différente de celle du Saloum, même pour le Niumi dont l'importance des espaces non boisés rappelle le Bas-Saloum (figure 101).

Dans le Niumi, la topographie organise l'occupation du sol. En effet, des boisements linéaires ouverts ou denses se remarquent en prolongement de chenaux à mangrove ; ils présentent des ramifications typiques d'un réseau hydrographique ; au plus proche du talweg, on retrouve souvent un linéaire de boisement dense, bordé d'une large bande de boisement ouvert. À proximité des vasières, ce sont d'assez larges bandes de ces boisements denses et ouverts qui se développent, rappelant les forêts galeries. Ces formations sont ici situées dans une matrice agricole et non dans une matrice de savane sèche. Ces corridors boisés s'affinent au fur et à mesure que l'on s'éloigne des parties basses et pénètrent dans l'intérieur des terres sans que les boisements très ouverts y soient présents pour autant. Le boisement devient subcontinu à quelques kilomètres du fleuve.

En rive sud, la matrice est boisée, ouverte et dense dans certains secteurs notamment dans le Kombo. Au sein de cette matrice, on distingue très bien l'emprise des villes et des villages par de petites taches non boisées ou peu boisées, bordées de boisements très ouverts.

#### *La Basse-Casamance*

La Basse-Casamance apparaît comme la région dont la structure de l'occupation du sol de terre ferme est la plus simple (figure 103). Les boisements ouverts y constituent une matrice couvrant une très grande part de la terre ferme. Au sein de cette matrice, des taches de boisements denses constituent des taches de plus en plus nombreuses et de plus en plus grandes du nord vers le sud. Les autres taches sont composées de boisements très ouverts et d'espaces peu ou pas boisés. Celles-ci marquent, à l'instar de la Gambie, la présence des villages, à l'exception des successions de cordons dunaires dans les parties plus occidentales du delta qui apparaissent couverts de boisements très ouverts ou d'espaces peu boisés.



N : 1596802.61

E : 293335.37

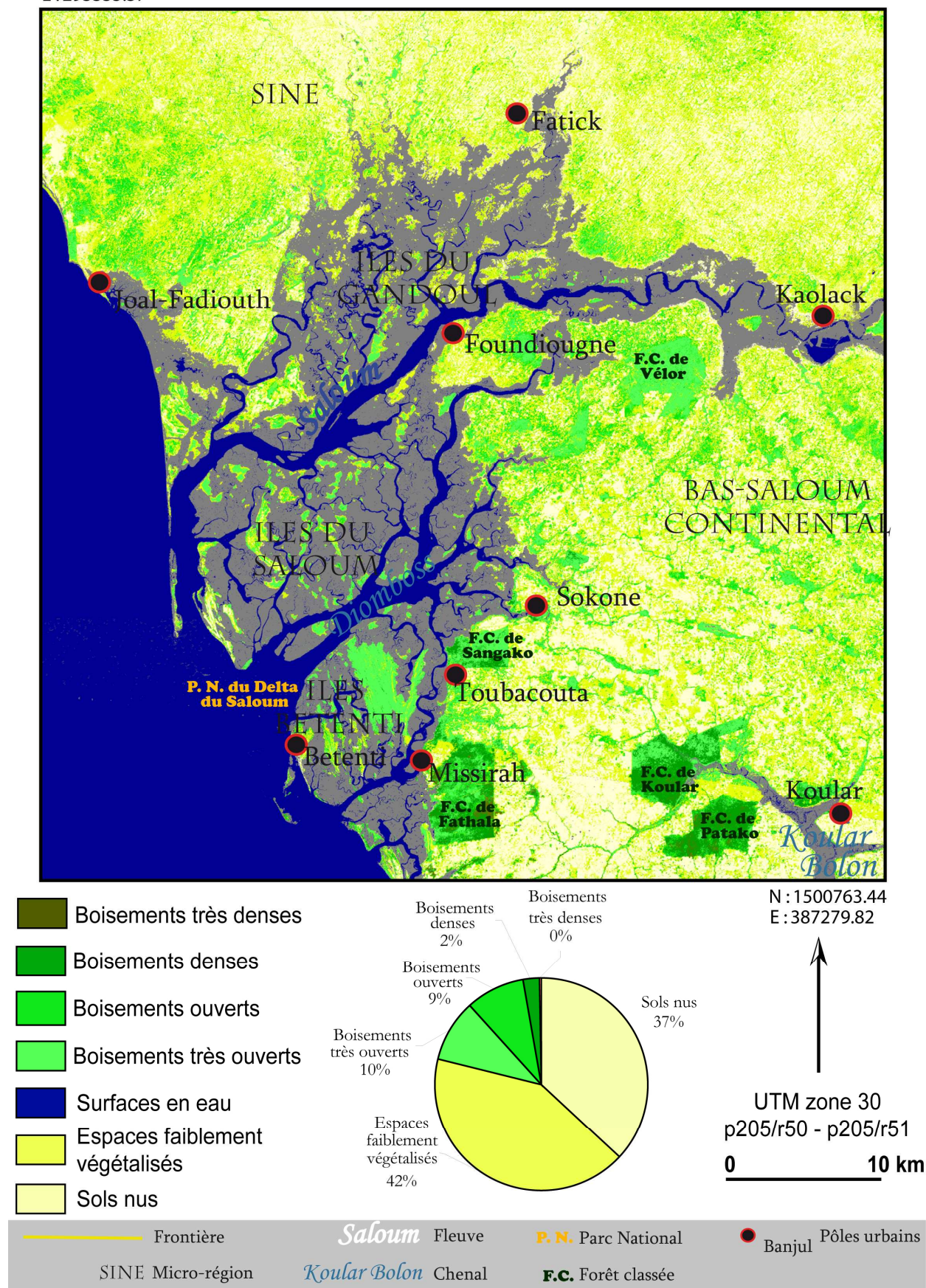
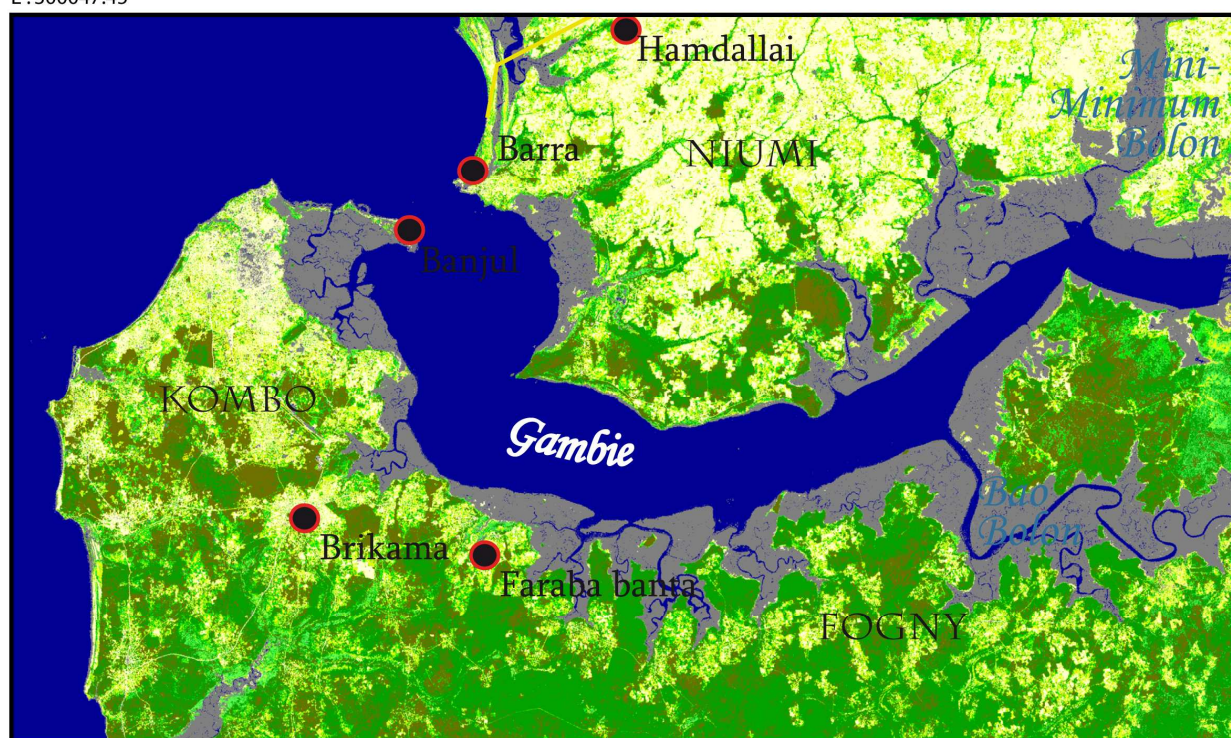


Figure 101 : Carte d'occupation du sol de la terre ferme dans le Saloum (Sénégal) au début des années 2000



N:1503510.41  
E:300047.45



N:1451406.62  
E:387613.43

Boisements très denses

Boisements denses

Boisements ouverts

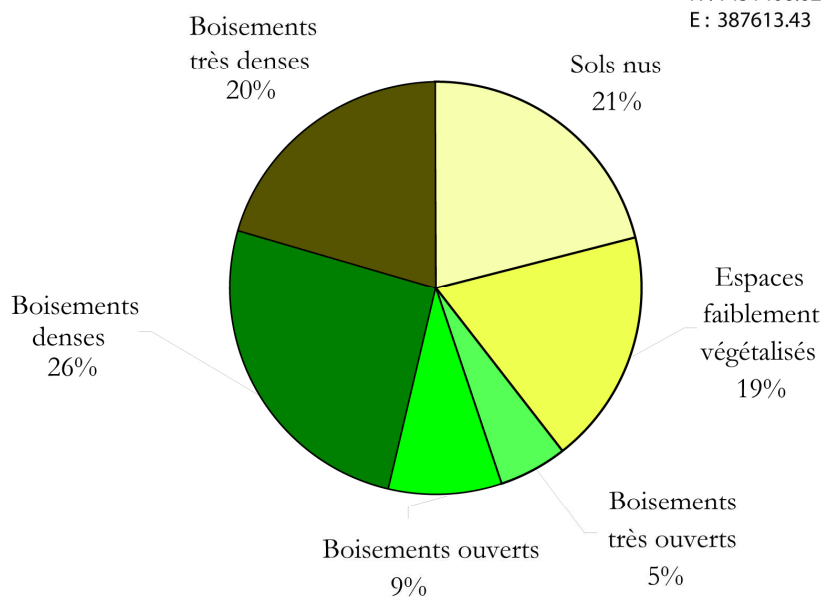
Boisements très ouverts

Espaces faiblement végétalisés

Sols nus

Vasières

Surfaces en eau



UTM zone 30  
P205:R51  
2000

0 10 km

Figure 102 : Carte d'occupation du sol de la terre ferme en Western-Division (Gambie) au début des années 2000



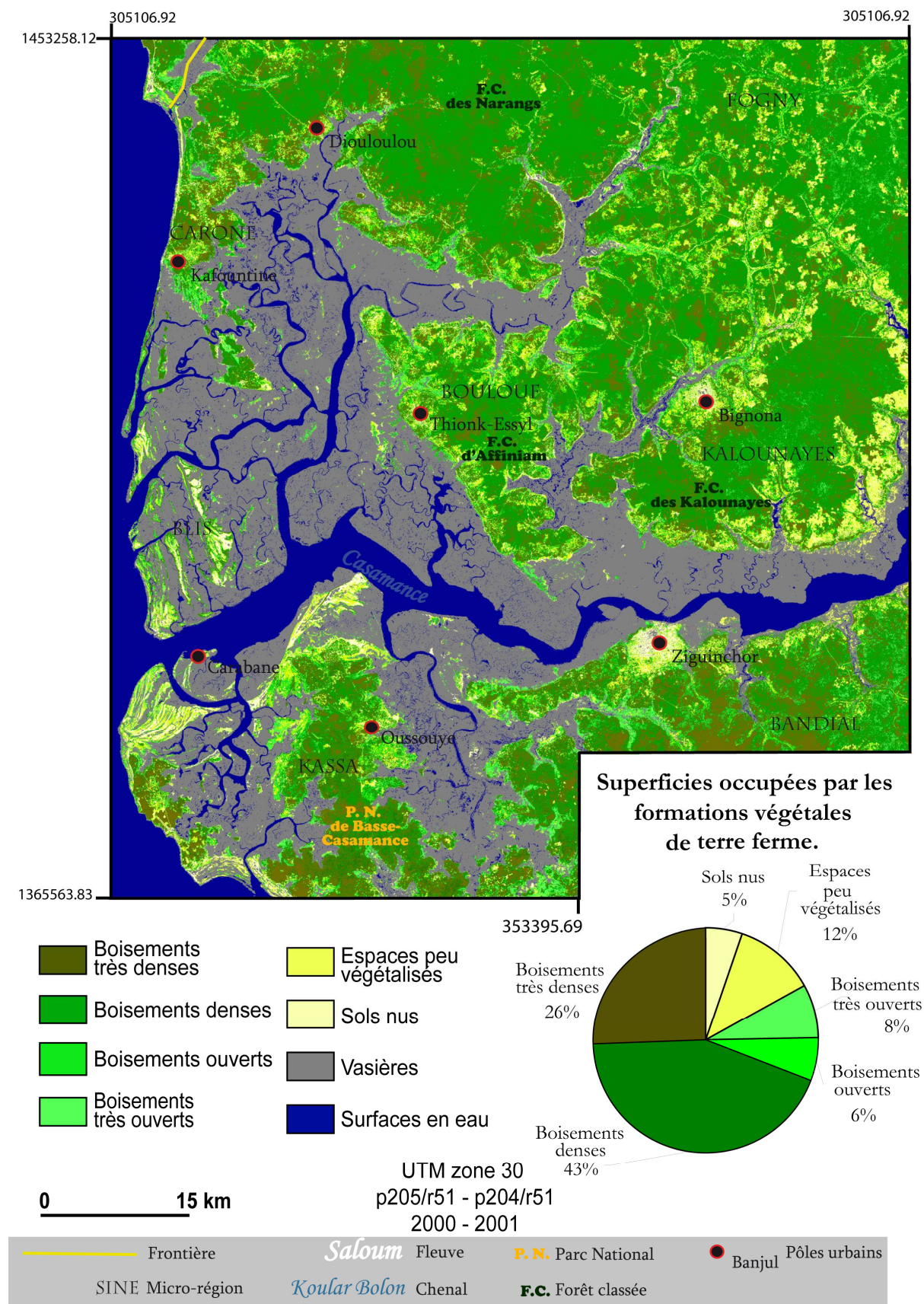
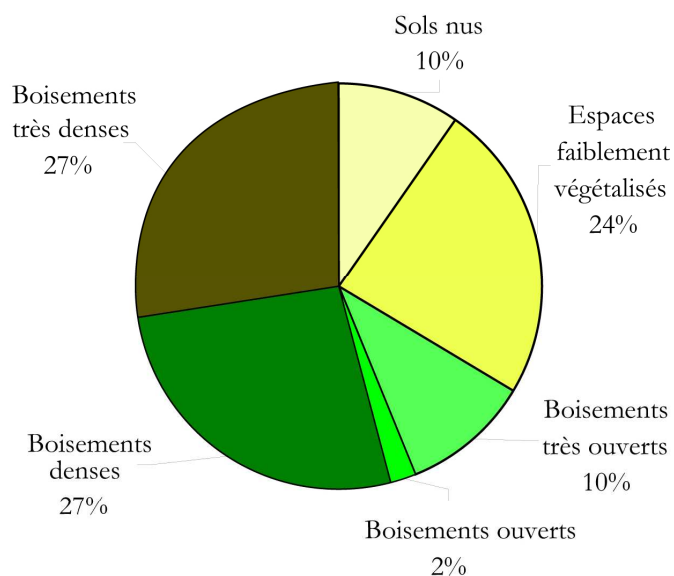


Figure 103 : Carte d'occupation du sol de la terre ferme en Basse-Casamance (Sénégal) au début des années 2000





UTM zone 30  
p204/r52  
2000

0 15 km

Figure 104 : Carte d'occupation du sol de la terre ferme dans Nord bissau-guinéen au début des années 2000



### *Le Nord bissau-guinéen*

Le Nord bissau-guinéen est la région où la structure de l'occupation du sol de terre ferme est le plus complexe, d'une part car aucune classe n'y domine et d'autre part car elle est très fragmentée (figure 104). Les six classes d'occupation du sol semblent s'y retrouver dans des proportions sinon égales, du moins similaires. Les boisements denses et très denses sont plus fréquemment présents dans le secteur frontalier, en rive sud du Rio Cacheu et dans les secteurs les plus occidentaux. Les boisements très ouverts et espaces pas ou peu boisés sont présents à proximité de Bissau, autour de Canchungo et sous forme de petits noyaux hétérogènes.

#### **Structure de l'occupation du sol en terre ferme (5.1.2)**

La structure de l'occupation du sol de terre ferme se présente sous forme de taches de quelques centaines de m<sup>2</sup> à quelques milliers de km<sup>2</sup> et, plus rarement, de corridors de quelques dizaines à quelques centaines de mètres de largeur dans une matrice non boisée (comme le nord) ou de boisement ouvert (comme la matrice continue de boisements ouverts dans le Fogny).

Des portions d'espace dont l'agencement est homogène et distinct des espaces avoisinants se distinguent à l'échelle des sous régions. Cette échelle micro-régionale semble donc la plus adaptée à l'étude des types de paysages. Ceci semble signifier que les facteurs organisateurs de l'agencement des paysages sont, eux aussi, homogènes à cette échelle.

Cependant, l'hétérogénéité de grande échelle produit également des formes récurrentes à l'échelle macro-régionale. Il apparaît en effet que la densité des boisements va en croissant depuis le Sine jusqu'au Nord bissau-guinéen. Cependant, la continuité et l'homogénéité de ces boisements connaissent une autre structure spatiale : elles sont croissantes depuis le Sine jusqu'au Fogny, puis décroissantes vers le Nord bissau-guinéen, qui présente des ensembles très hétérogènes où les boisements très denses et les espaces non boisés se côtoient. Ainsi on peut définir :

- le Saloum par sa matrice non boisée et ses taches boisées,
- la Western-Division par d'assez denses boisements où débutent les espaces de boisements continus et où apparaissent les boisements denses
- la Basse-Casamance où la matrice de boisements très ouverts est la plus homogène et continue
- le Nord bissau-guinéen où des taches de boisements très différents se côtoient selon une structure qu'il est malaisé de synthétiser.

À l'échelle micro-régionale, les contrastes entre les régions se manifestent notamment dans les régions les plus septentrionales. On a pu en effet y distinguer dans le Sine des boisements diffus et dans le Bas-Saloum des massifs de formes géométriques très bien délimitées. Autre exemple, les deux rives de la Gambie présentent des agencements très différents : la rive nord présente des zones boisées autour des bas fonds dans une matrice non boisée alors que la rive sud présente des noyaux non boisés autour des villages dans une matrice boisée ouverte.

### **5.1.3. Structure de l'occupation du sol en vasières**

Pour étudier la structure de l'occupation du sol des vasières, nous dresserons un premier portrait à l'échelle de l'ensemble des régions septentrionales des Rivières-du-Sud. Cependant, les paysages dépendent avant tout de la zonation le long du gradient écologique sur l'estran à une autre échelle que celle où nous nous plaçons ici (figure 105). Nous étudierons les cartes des fréquences locales des classes d'occupation du sol pour faire ressortir les différents profils de zonation en fonction de l'importance locale de tel ou tel type de paysage de mangrove (5.2.3.1). Enfin, nous analyserons la carte de l'occupation du sol à une échelle plus grande, celle des régions elles-mêmes (5.2.3.2).

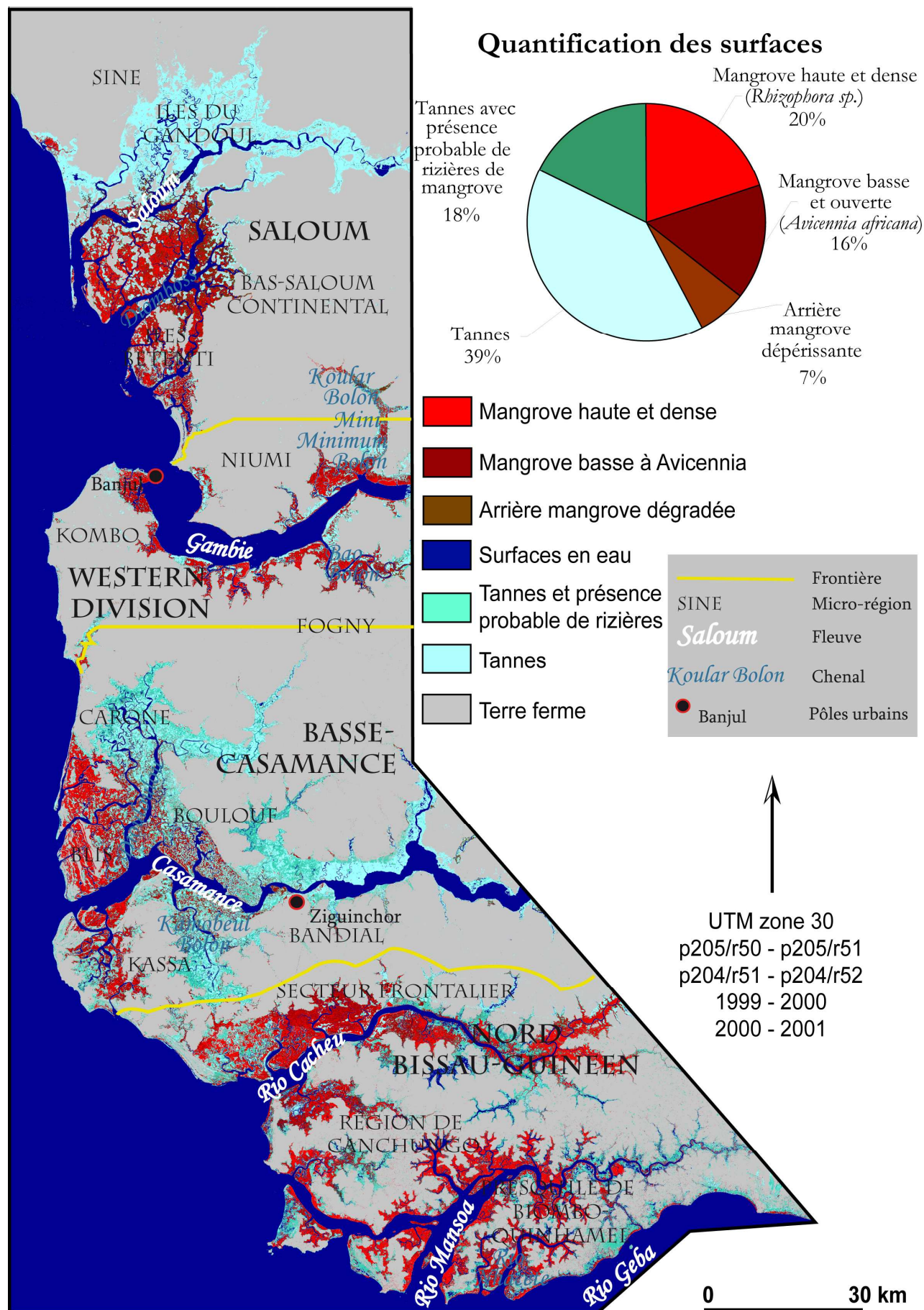


Figure 105 : Carte d'occupation du sol des vasières au début des années 2000

### 5.1.3.1. Vue d'ensemble

Au sein des 43 % de vasières couvertes de mangrove, les boisements hauts et denses plutôt dominés par *Rhizophora sp.* sont les plus nombreux avec 20 % de la superficie totale des vasières. La carte (figure 106) met en évidence d'importantes superficies dominées par cette classe. Il s'agit de l'ouest des îles du Saloum, quelques taches de mangrove du fleuve Gambie, l'ouest casamançais, l'amont du Rio Cacheu, l'aval (en rive droite) et la rive nord du Rio Mansoa.

Les mangroves moyennement denses et moyennement hautes plutôt dominées par *Avicennia africana* occupent 16 % des vasières (figure 107). Les secteurs où cet élément de paysage occupe d'importantes superficies de façon continue ou subcontinue sont avant tout la région de Sao-Domingos dans le Rio Cacheu. Le Sud du Delta du Saloum, l'ensemble des mangroves gambiennes, les rives du Diouloulou et les mangroves au Sud-ouest de la Casamance constituent les autres secteurs où cet élément de paysage domine.

Il apparaît bien que, dans les îles du Saloum, les hautes formations à *Rhizophora sp.* occupent une très grande portion de l'estran par rapport à *Avicennia africana* (Sow, 1994). Il apparaît aussi que, depuis l'embouchure de la Basse-Casamance jusqu'à ses secteurs amont, la proportion de mangrove haute et dense (probablement dominée par *Rhizophora sp.*) est décroissante et inverse à la proportion de mangrove basse et ouverte (probablement dominée par *Avicennia africana*). Ces résultats, qui confirment des faits déjà établis, s'accompagnent de résultats moins attendus. Ainsi, dans la partie centrale du Rio Cacheu, une part importante est occupée par une mangrove assez basse et assez ouverte ou dominée par *Avicennia africana* (figure 108).

Les arrières-mangroves dégradées qui occupent 7 % des vasières sont essentiellement localisées dans les deux estuaires sur-salins. L'est du Delta du Saloum est de loin le principal secteur d'arrière-mangroves basses et sénescents. C'est également le cas à l'amont du Koular Bolon et du Bao Bolon. En Casamance, la partie centrale et les secteurs amont sont ceux où cet élément de paysage domine (figure 109).

Le calcul de densité locale des tannes met en avant une hiérarchie assez nette :

- les îles du Gandoul,
- les parties très en amont du delta de la Casamance,
- l'ensemble des rives de la Gambie,
- les îles du Saloum,
- le centre du delta de la Casamance,
- les îles Betenti,
- le Nord bissau-guinéen.

### 5.1.3.2. Analyses régionales

#### *Saloum*

Le delta du Saloum présente, au sein de ses paysages de vasières, une structure micro-régionale très marquée (figure 110). Au nord du fleuve Saloum, la quasi-totalité des vasières sont des tannes, seules les rives des chenaux les plus proches du fleuve présentent une frange de mangrove essentiellement composée de mangrove basse et de mangrove sénescence. Au sud du fleuve Saloum, on trouve un grand massif de mangrove présentant la zonation normale des éléments de paysages avec les mangroves hautes et denses à *Rhizophora sp.* près du rivage, les mangroves basses à *Avicennia africana* en milieu d'estran, une frange d'arrière-mangrove constituée d'arbres en mauvais état et le tanne en haut d'estran. Cependant, si la zonation est totale dans l'ensemble du sud du delta, l'importance des formations basses à dominance d'*Avicennia africana* décroît très nettement du nord vers le sud.



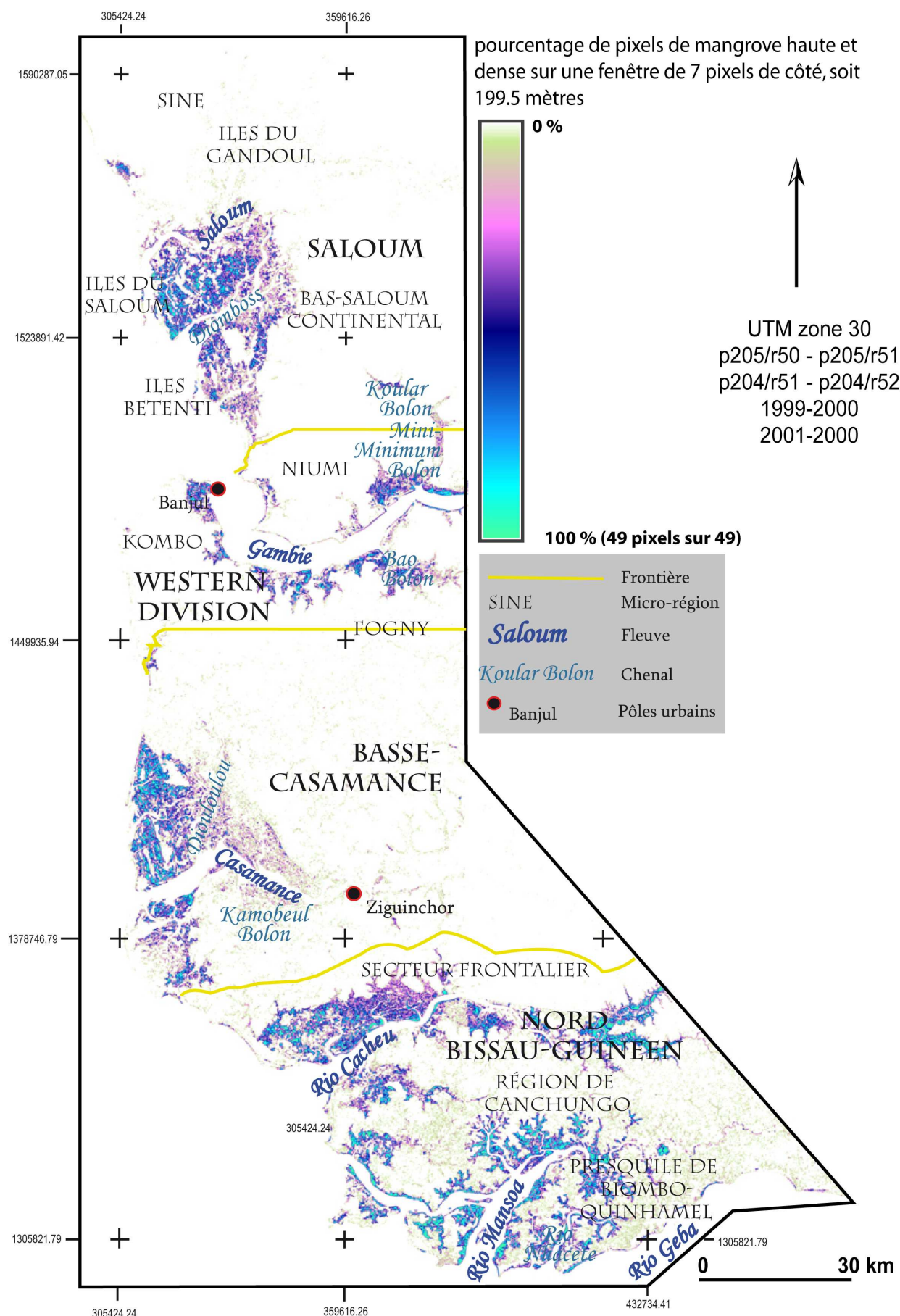


Figure 106 : Carte de fréquence locale des mangroves hautes et denses au début des années 2000

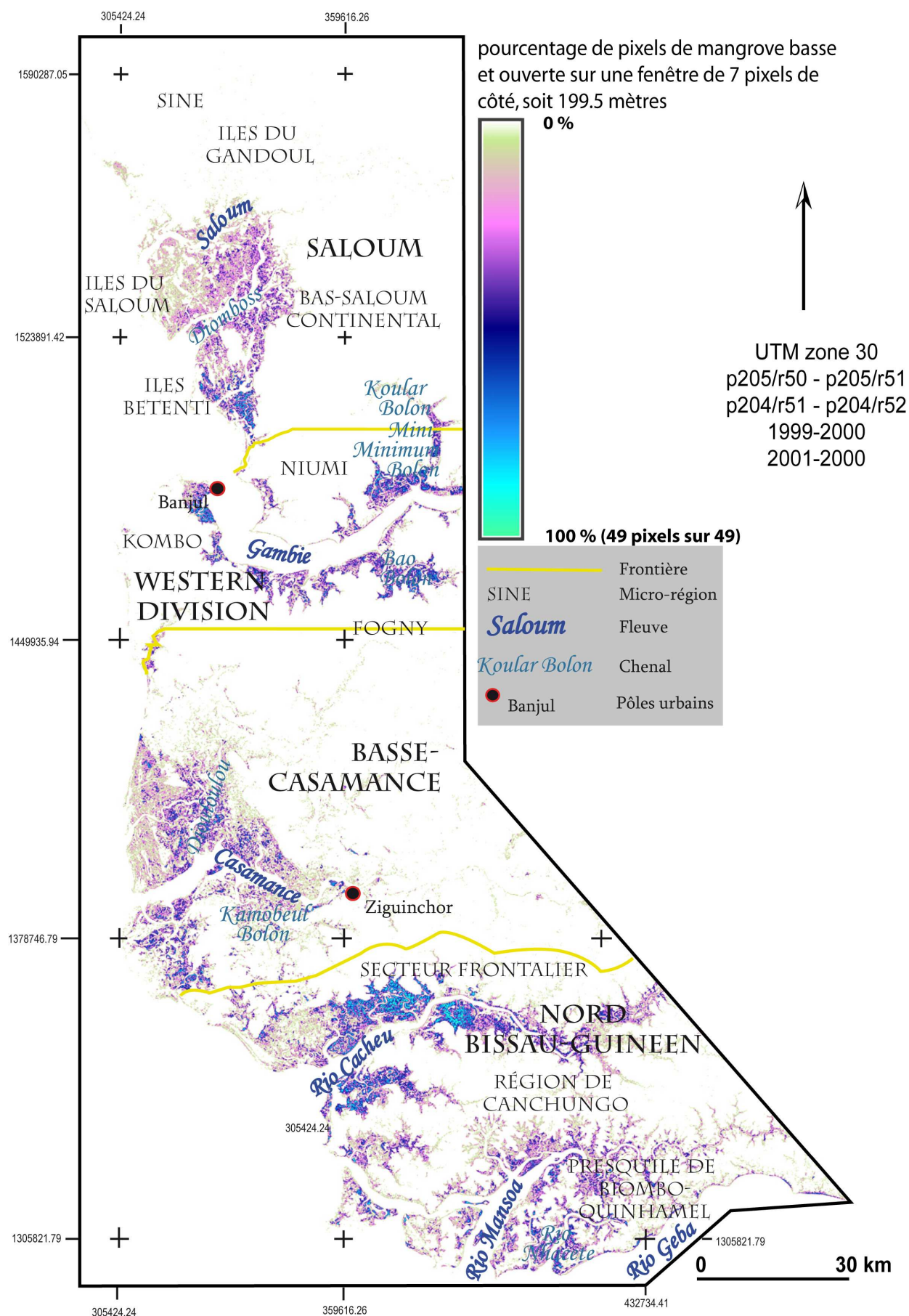


Figure 107 : Carte de fréquence locale des mangroves basses et ouvertes au début des années 2000

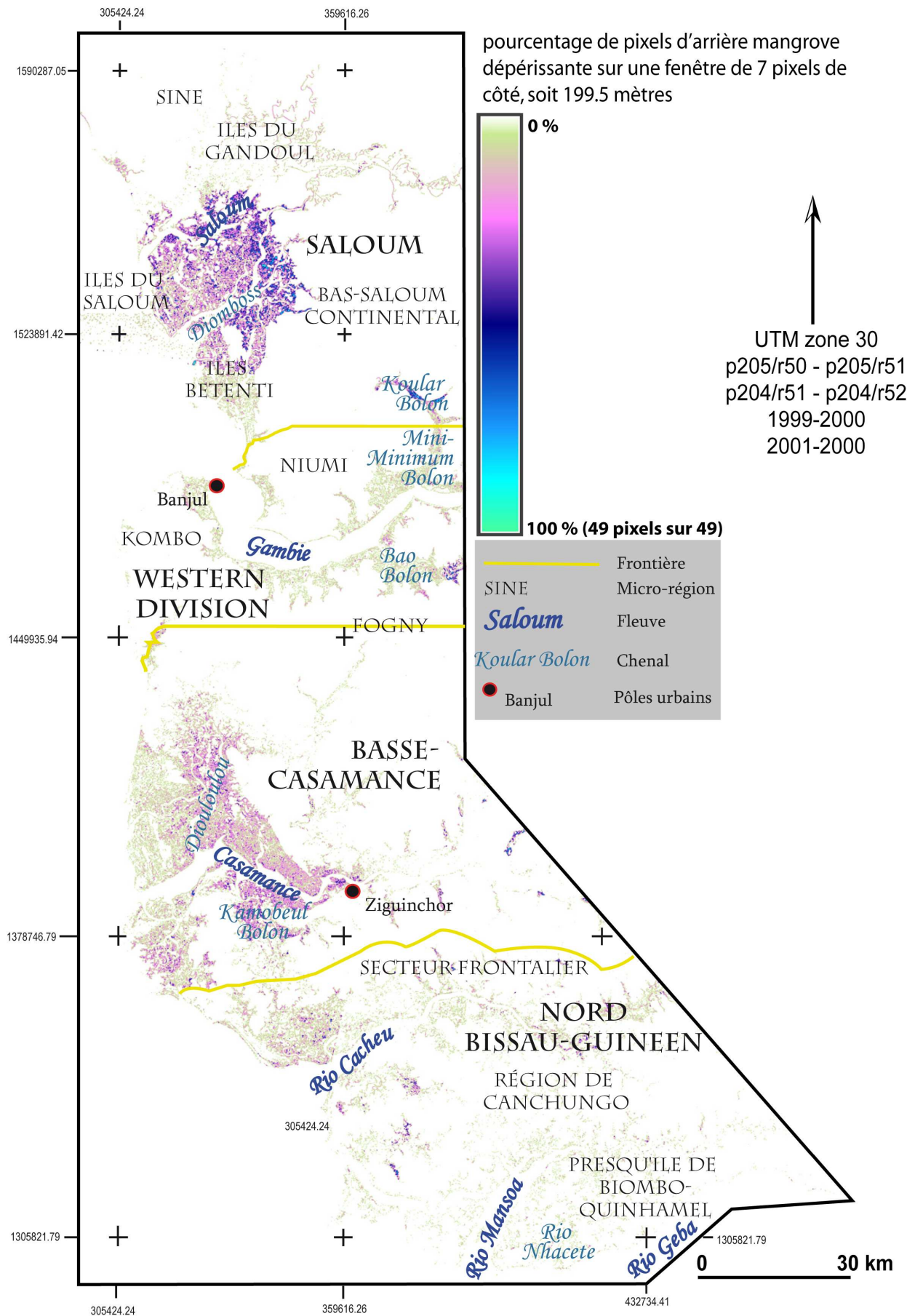


Figure 108 : Carte de fréquence locale des arrières-mangroves dépréssantes au début des années 2000



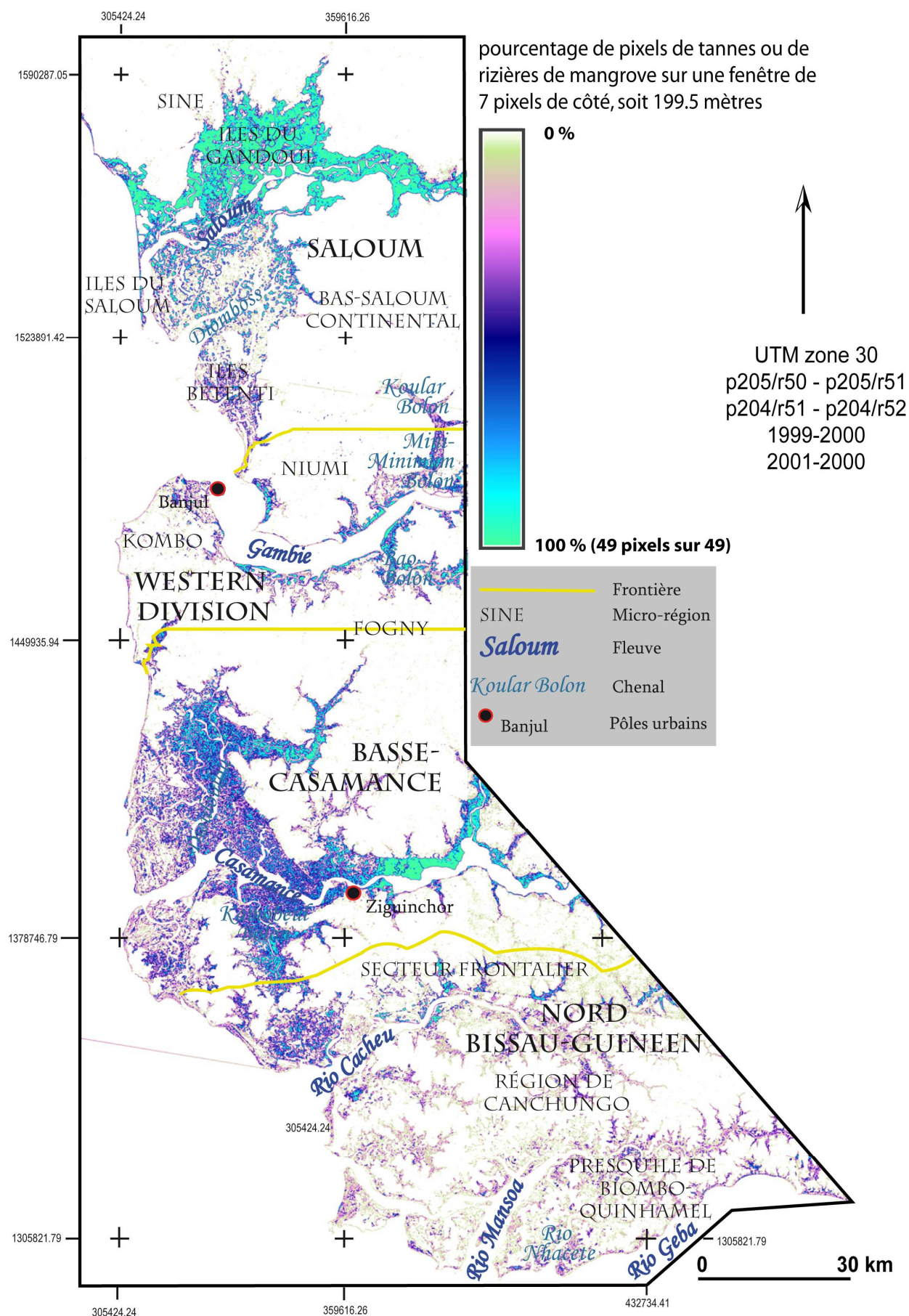


Figure 109 : Carte de fréquence locale des tannes et rizières de mangrove au début des années 2000

## Les paysages de vasières dans la région du Sine-Saloum

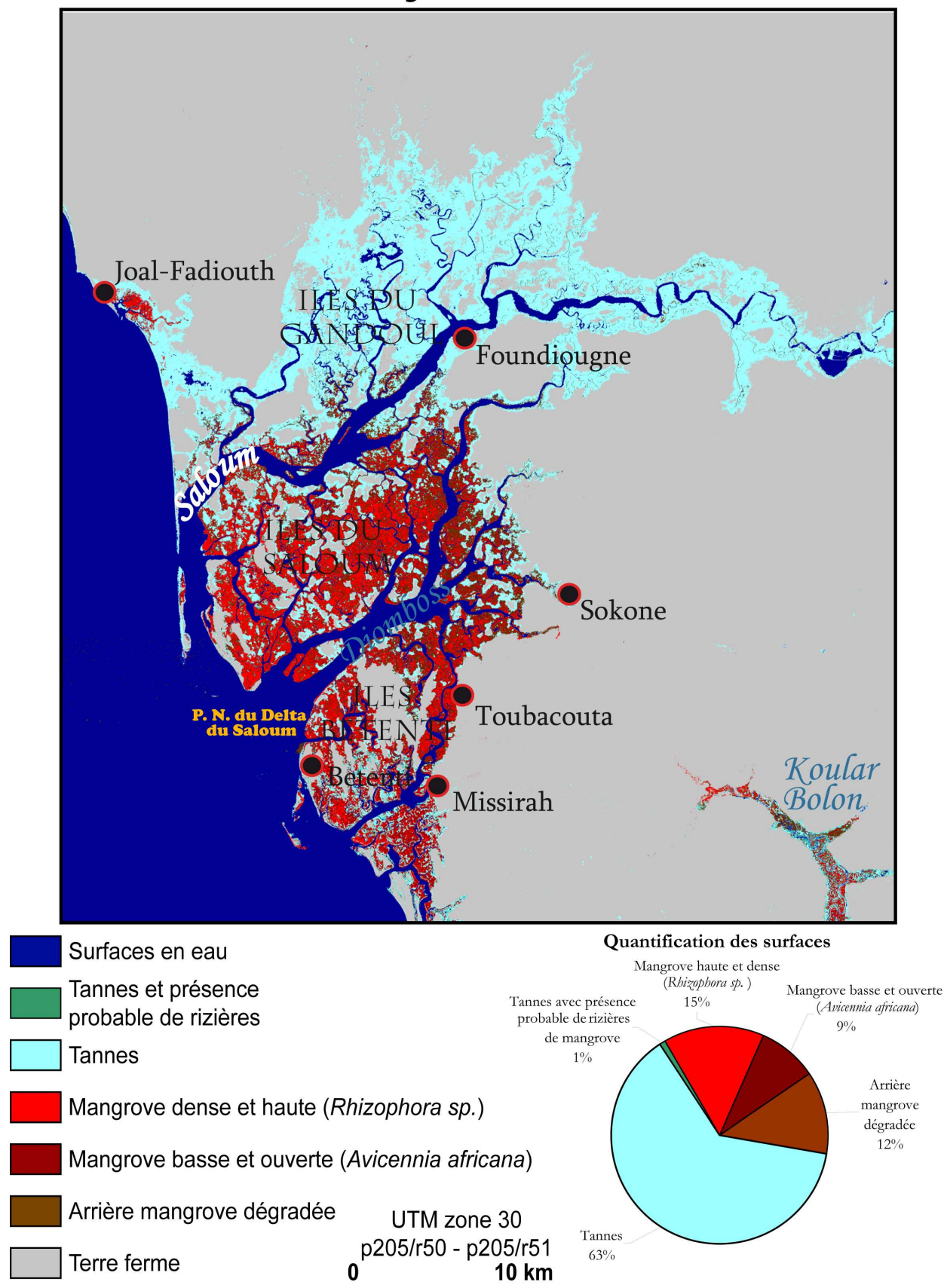
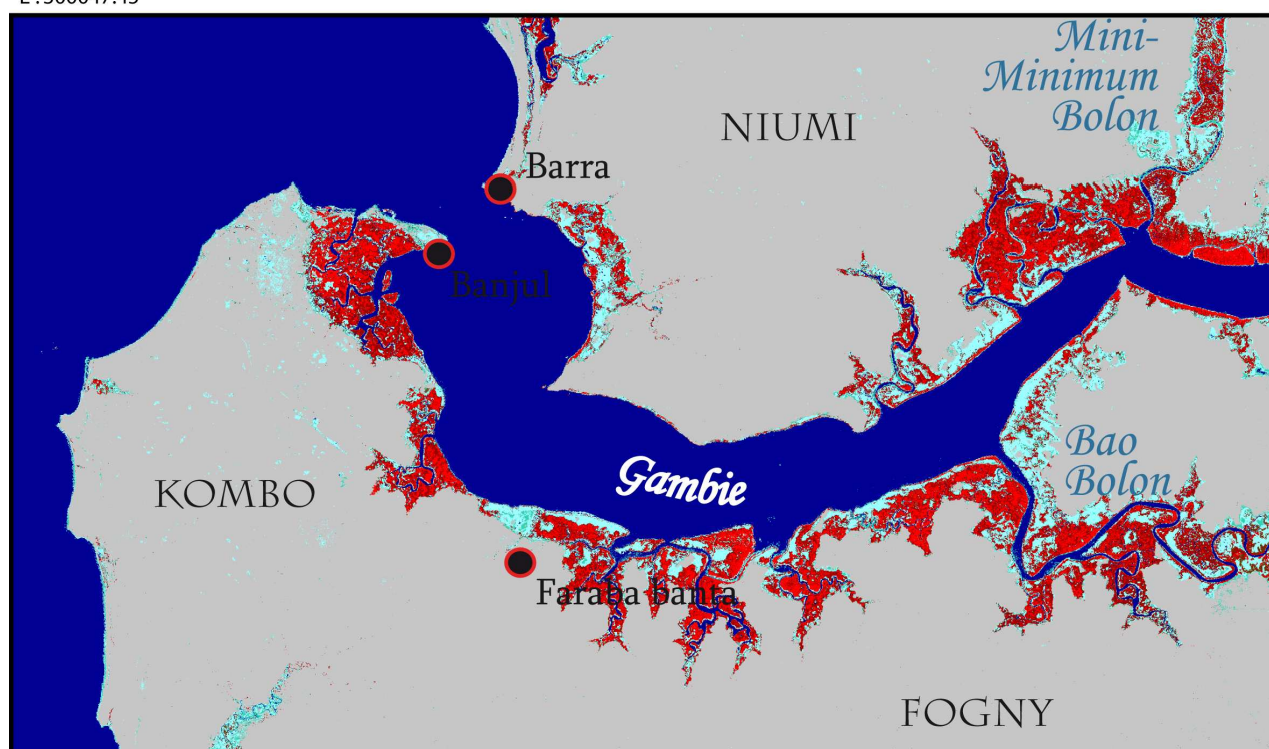


Figure 110 : Carte d'occupation du sol des vasières du Saloum (Sénégal) au début des années 2000



N : 1503510.41  
E : 300047.45

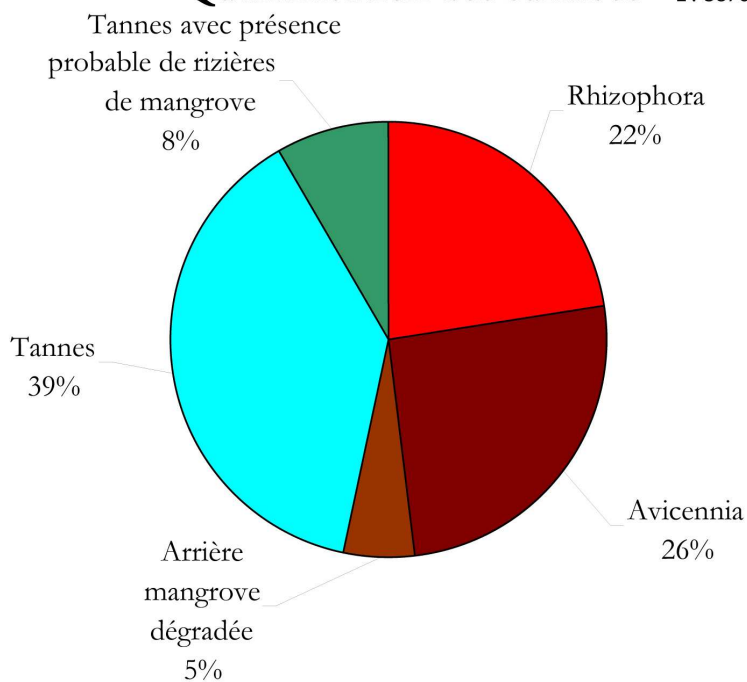


- Surfaces en eau
- Tannes et présence probable de rizières
- Tannes
- Mangrove dense et haute
- Mangrove basse à Avicennia
- Arrière mangrove dégradée
- Terre ferme

↑  
UTM zone 30  
p205/r50 - p205/r51  
0 10 km

### Quantification des surfaces

N : 1451406.62  
E : 387613.43



- Frontière
- SINE
- Saloum*
- Koular Bolon*
- Micro-région
- Fleuve
- Chenal
- Pôles urbains

Figure 111 : Carte d'occupation du sol des vasières de Western-Division (Gambie) au début des années 2000



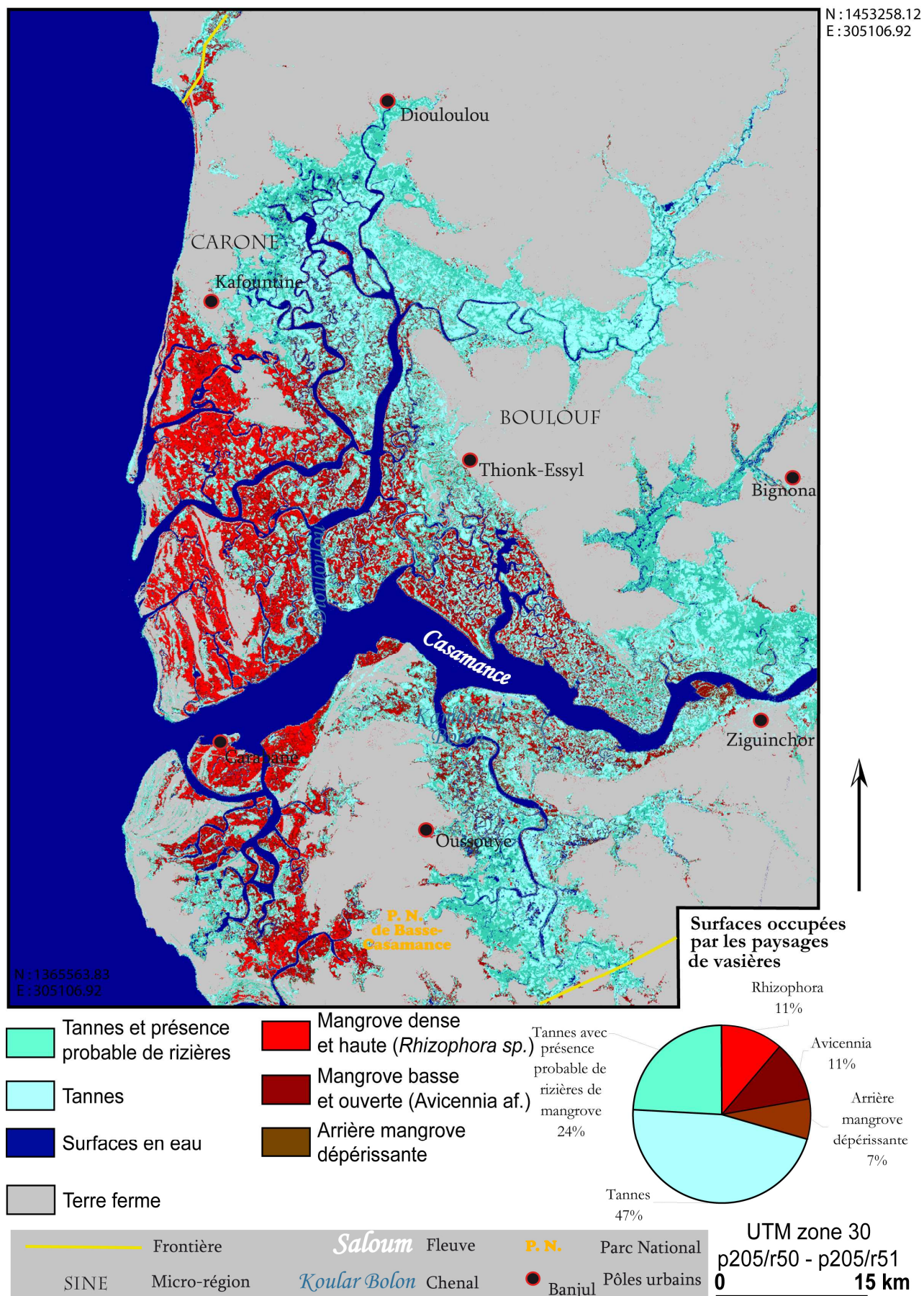


Figure 112 : Carte d'occupation du sol des vasières de Basse-Casamance (Sénégal) au début des années 2000

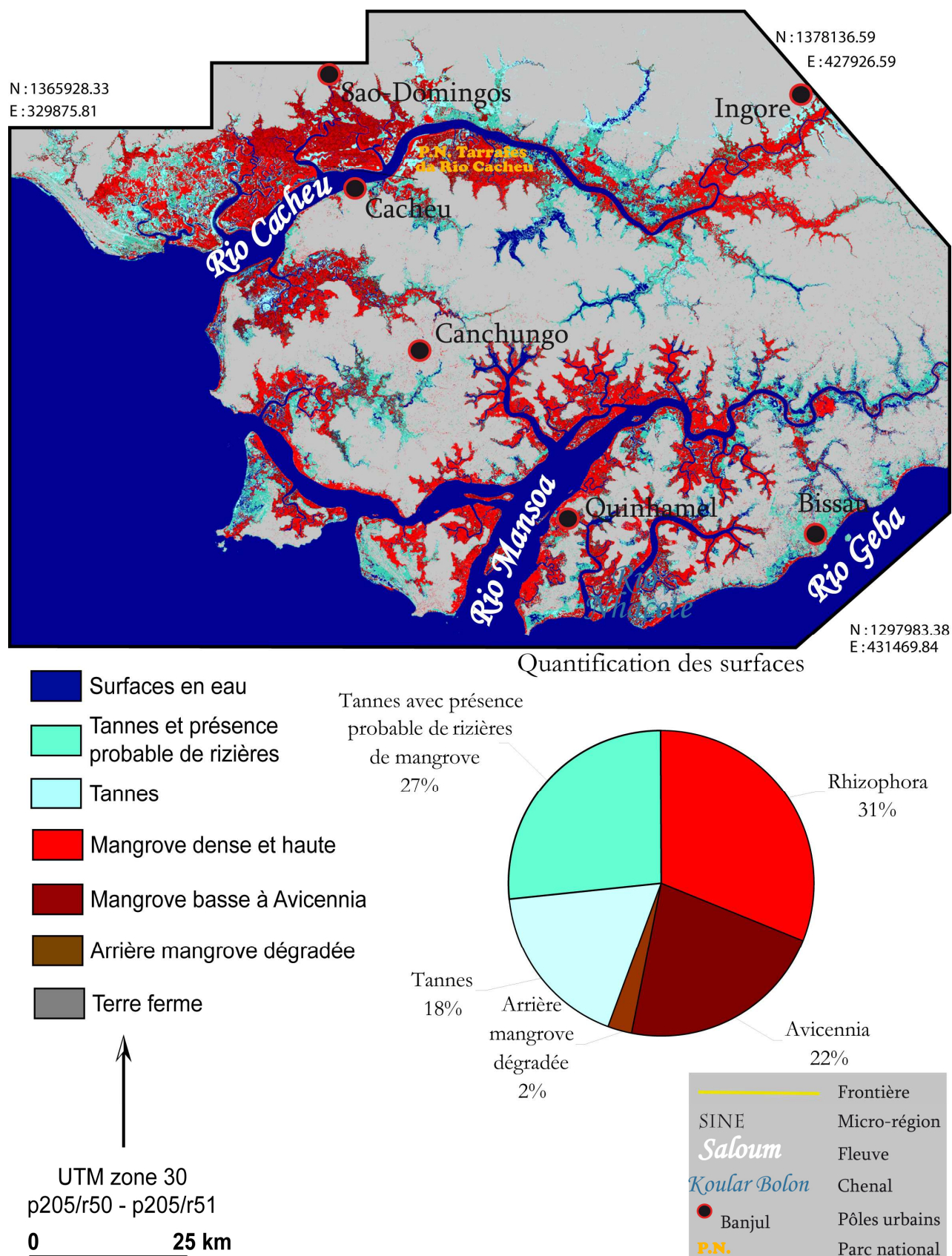


Figure 113 : Carte d'occupation du sol des vasières du Nord bissau-guinéen au début des années 2000



### *Western-Division*

On lit sur la carte (figure 111) une présence de tanne assez importante. En rive sud, le massif de mangrove proche de Banjul en est assez peu pourvu. Ensuite, on y voit la ferme marine de Faraba-Banta et des taches de tannes et de rizières assez régulières, particulièrement présentes sur le Bao Bolon. En rive nord, le massif le plus proche de l'embouchure présente de très grandes proportions de tannes en comparaison avec celui jouxtant la capitale. Ensuite, les mangroves jouxtant l'embouchure du chenal de Koular apparaissent comme un assez grand massif au taux de recouvrement assez élevé, les secteurs médians du chenal sont moins boisés, ce qui est probablement dû à une salinité plus forte en s'éloignant du fleuve et à la capacité de lessivage des eaux salées par les eaux douces. Notons une des limites de cette cartographie : les espaces urbains où le minéral domine ont été confondus avec les tannes.

### *Basse-Casamance*

La Basse-Casamance (figure 112) est un delta présentant une structure régionale marquée. Les vasières, dont les eaux sont en contact direct avec l'océan, présentent des taux de boisements très forts et une dominance des mangroves hautes et denses à *Rhizophora sp.*, qui sur l'ensemble n'occupent que 11%. Les secteurs entre l'embouchure du Diouloulou et Ziguinchor, de part et d'autre du fleuve, sont des boisements très discontinus et largement dominés par les mangroves basses à *Avicennia africana* qui occupent la même superficie que les mangroves hautes à *Rhizophora*. On y trouve également des mangroves basses et déperissantes qui occupent 7 % des vasières. Les rizières et les tannes qui couvrent les parties amont du Diouloulou, du chenal de Kamobeul et du fleuve Casamance occupent ensemble 71 %. Les secteurs de vasières probablement mis en valeur sous forme de rizières se retrouvent assez régulièrement présents en Basse-Casamance ; cependant, rappelons que cette distinction n'est pas satisfaisante et n'est présente sur la carte qu'à titre indicatif.

### *Nord bissau-guinéen*

Les mangroves du Nord bissau-guinéen occupent 55 % et sont largement dominées par les mangroves hautes et denses (31 %). Elles présentent peu de mangroves sénescences (2 %). Les vasières probablement aménagées en rizières occupent de grandes superficies (27 %) assez régulièrement réparties sur les différents marais. Les tannes sont présents régulièrement, et ce, sur tous les marais également (figure 113).

#### **Structure de l'occupation du sol en vasières (5.1.3)**

Encore plus qu'en terre ferme, les cartes de fréquence locale des différents éléments des paysages de mangrove permettent de distinguer les structures macro-régionales masquées par l'importance de l'hétérogénéité à l'échelle locale. Les formes caractéristiques des Deltas, comme le cas des deltas inverses, apparaissent bien par l'importance relative, des types de mangroves à l'échelle micro-régionale.

Cependant, la micro-hétérogénéité qui résulte de la répétition des structures liées à la zonation (qui nécessiteraient des analyses morphométriques complexes pour être synthétisées à l'échelle régionale) et les limites cartographiques (permettant mal de distinguer les tannes des rizières de mangrove), rendent l'analyse cartographique moins riche que celle de la terre ferme où les structures les plus importantes ont été mises en valeur et où la distinction de nombreux types d'occupation du sol a pu être possible.



### Structure régionale de l'occupation du sol (5.1)

La répartition et l'importance relative de chaque élément ou type de paysage ont pu être établies par traitements d'images satellites. La principale limite est celle de la distinction entre tannes et rizières de mangrove qui se révèle assez faible. Il apparaît premièrement, en terre ferme, une grande distinction entre deux ensembles : l'un au-delà du Niumi majoritairement déboisé, l'autre au sud, majoritairement boisé. Dans les vasières, on distingue les zones à l'amont des estuaires hyper-halins comme étant très peu boisés.

Lorsque l'on dresse des cartes plus détaillées, il apparaît globalement que du nord au sud les boisements de terre ferme sont de densité croissante, depuis une dominance des boisements très ouverts jusqu'à une assez large présence des boisements denses et très denses dans le nord bissau-guinéen. Un constat parallèle est plus difficile à dresser en mangrove, et si l'on retrouve une distribution des tannes et des arrière-mangroves conforme à la distribution de la salinité, l'importance des formations hautes et denses à *Rhizophora sp.* et des formations moyennes à *Avicennia africana* à l'échelle micro-régionale ne dépend pas de la seule salinité et reste à expliquer.

Lorsqu'on examine les structures spatiales que dessine l'occupation du sol, on retrouve des profils micro-régionaux bien marqués. Il résulte notamment de ces agencements des niveaux de fragmentation des boisements plus ou moins grands : en terre ferme, la fragmentation décroît du Saloum à la Basse-Casamance, celle du Nord bissau-guinéen étant assez élevée ; en vasières, elle est minimale dans le Saloum, faible en Basse-Casamance, puis supérieure dans le Nord bissau-guinéen et maximale en Gambie.

Le portrait permettant de dresser l'état des paysages au début des années 2000 est assez précis et utile, car ces informations sont celles qui vont être récoltées de façon similaire aux autres dates. Auparavant, conformément à l'hypothèse selon laquelle la flore contient une information nécessaire à une meilleure compréhension des processus de changements, nous étudierons le contenu botanique de cet agencement de paysages.

## 5.2. La flore, le gradient climatique et la mosaïque paysagère

L'analyse de la structure régionale de la flore et de la concordance plus ou moins grande avec la structure des paysages et/ou avec le gradient climatique est essentielle pour utiliser l'information botanique dans l'analyse des dynamiques des paysages.

La végétation est un semis de points d'individus que l'on peut identifier et différencier les uns des autres par la taxonomie et la physionomie. Or, c'est à travers la taxonomie, notamment au niveau de l'espèce, que l'on pense obtenir les plus grandes informations écologiques (incluant l'action de l'homme comme descripteur écologique)<sup>43</sup>. Nous considérerons la végétation comme un ensemble continu, le tapis végétal, dont chaque portion peut être caractérisée par la liste des espèces présentes. La physionomie de l'individu végétal n'est pas ici directement intégrée, on a cependant défini pour chaque relevé la physionomie de la végétation sous forme de types de paysages. Cette information, considérée un temps comme distincte de la composition floristique, constitue alors un descripteur écologique dont le rôle organisateur pour la flore est à définir.

L'ensemble des cent cinquante-deux distributions spécifiques, relevées sur les 108 segments du transect (figure 117), sera analysé à travers une succession de traitements statistiques (cf. chapitre 4) qui

<sup>43</sup> La physionomie est elle-même riche de nombreuses informations et sera elle aussi étudiée, notamment pour la mangrove où l'information floristique est faible et pour les analyses rétrospectives, où, à une échelle beaucoup plus grande, on s'intéressera à la manière dont chaque plante va contribuer à la forme du paysage et à ses changements.

permettront de débattre de l'organisation spatiale de la flore dans son ensemble (5.1.1). Ensuite, des analyses propres à la distribution des espèces une à une permettront une approche synécologique qui offrira le détail nécessaire pour mieux définir la répartition des différentes espèces (5.1.2).

### 5.2.1. Approche globale synécologique

Les analyses factorielles permettent d'abord une présentation des principaux contrastes floristiques (A.F.C.) et une mise en relation de ces contrastes avec les descripteurs écologiques (A.C.C.) (5.2.1.1). Un contraste majeur apparaît, d'ordre climatique. Les modalités de variations dans l'espace le long de ce gradient climatique doivent donc être présentées (5.2.1.2). Ce gradient climatique n'expliquant par toute la structure de la flore, les irrégularités par rapport au gradient climatique sont ensuite analysées et confrontées à la structure des paysages (5.2.1.3).

#### 5.2.1.1. Analyses factorielles

L'A.F.C. permet de mettre en évidence les similarités et dissimilarités de composition floristique entre relevés et les similarités et dissimilarités de répartition des espèces. Ces contrastes sont reconstitués sous forme de variables synthétiques hiérarchisées selon lesquelles s'ordonnent les relevés et les espèces qui les caractérisent. La significativité des résultats de l'analyse est synthétisée par un certain nombre d'indicateurs statistiques : la valeur propre, les coefficients de corrélation et les pourcentages d'inertie. Les résultats sont représentés sous forme d'axes ou de plan factoriels.

#### *Statistiques descriptives de l'A.F.C.*

La première valeur propre est de 0,26. Cette valeur faible traduit un nuage regroupé autour de son origine (c'est-à-dire de son centre de gravité), ce qui est classique sur les tableaux floristiques où de nombreuses espèces sont communes à un grand nombre de relevés. Cette valeur faible est significativement supérieure à celles des axes factoriels suivants : 0,14 pour le deuxième facteur et 0,10 pour le troisième et le quatrième. Au regard de la très grande proximité des valeurs propres entre le troisième et le quatrième axe factoriel, il semble que le deuxième axe factoriel porte lui aussi une information intéressante.

Les coefficients de corrélation canonique sont de 0,51 pour le premier facteur, 0,38 pour le deuxième, 0,32 pour le troisième et le quatrième. Ils révèlent une représentation du nuage de points par les premiers facteurs principaux assez faible, ce qui montre une faible différenciation des relevés. Ces coefficients semblent cependant affirmer que le premier axe factoriel présente un contraste qui concerne un grand nombre d'individus et de variables. L'axe 2 semble concerner un nombre assez faible, mais néanmoins significatif, d'espèces et/ou de relevés. Le coefficient de corrélation confirme que, sur cette A.F.C., les axes 3 et 4 ne transcrivent que des particularités floristiques locales.

Les pourcentages d'inertie sont respectivement de 9,9 % pour le premier axe factoriel, 5,46 % pour le deuxième, 3,98 % pour le troisième et 3,88 % pour le quatrième. Une fois encore, les premier et deuxième axes sont à considérer d'autant plus qu'ils se détachent nettement des autres.

Rappelons que, dans des tableaux de présence-absence, ces pourcentages sont en général plus faibles que pour des tableaux de contingence ou des tableaux disjonctifs complets (Sanders, comm. orale). Cela tient à la très grande dispersion de l'information dans les tableaux en présence absence, particulièrement forte dans les tableaux floristiques, même lorsque, comme ici, on n'a retenu que les espèces ayant une certaine fréquence d'apparition (supérieure à 3). Cependant, même en tenant compte de cette remarque, ces pourcentages d'inertie sont particulièrement faibles.

### *Premier plan factoriel*

Le premier plan factoriel (figure 114) offre une assez forte dispersion des individus (relevés) et des variables (espèces) le long du premier axe. Si l'on étudie les coordonnées des relevés sur le premier axe factoriel, on observe que les relevés de la rive nord de la Gambie (en rouge et orange) sont, à l'exception des relevés GN10, GN14, GN15 et GN21, dans les fortes à très fortes valeurs positives de l'axe 1. Les valeurs positives de l'axe 1 correspondent au nord du transect. Les relevés du Fogny et du Boulouf (de CD01 à CA19) se localisent entre les valeurs très faiblement positives et les valeurs moyennement négatives. Les relevés les plus méridionaux, tout particulièrement ceux du Kassa (CK01 à CK08), se trouvent dans les très fortes valeurs négatives de l'axe 1. Cet axe traduit donc bien l'effet recherché lorsque l'on a tracé le transect en fonction du gradient climatique latitudinal.

Depuis le nord vers le sud, les premières espèces ainsi ordonnées sont : *Anogeissus leiocarpus*, *Terminalia laxiflora*, *Acacia sieberiana*, *Ficus ingens*, *Ozoroa insignis*, *Gardenia ternifolia*, *Terminalia avicennioides*, *Sclerocarya birrea*, *Securidaca longepedunculata*, *Flueggea virosa*... Depuis le Sud vers le Nord on trouve comme espèce la plus méridionale *Ficus ovata*, puis *Ficus natelensis*, *Sesbania sesban*, *Sterculia setigera*, *Anthocleista procera*, *Pseudospondias microcarpum*, *Mangifera indica*, *Anthostema senegalensis*, *Landolphia dulcis*, *Parinari curatellifolia*...

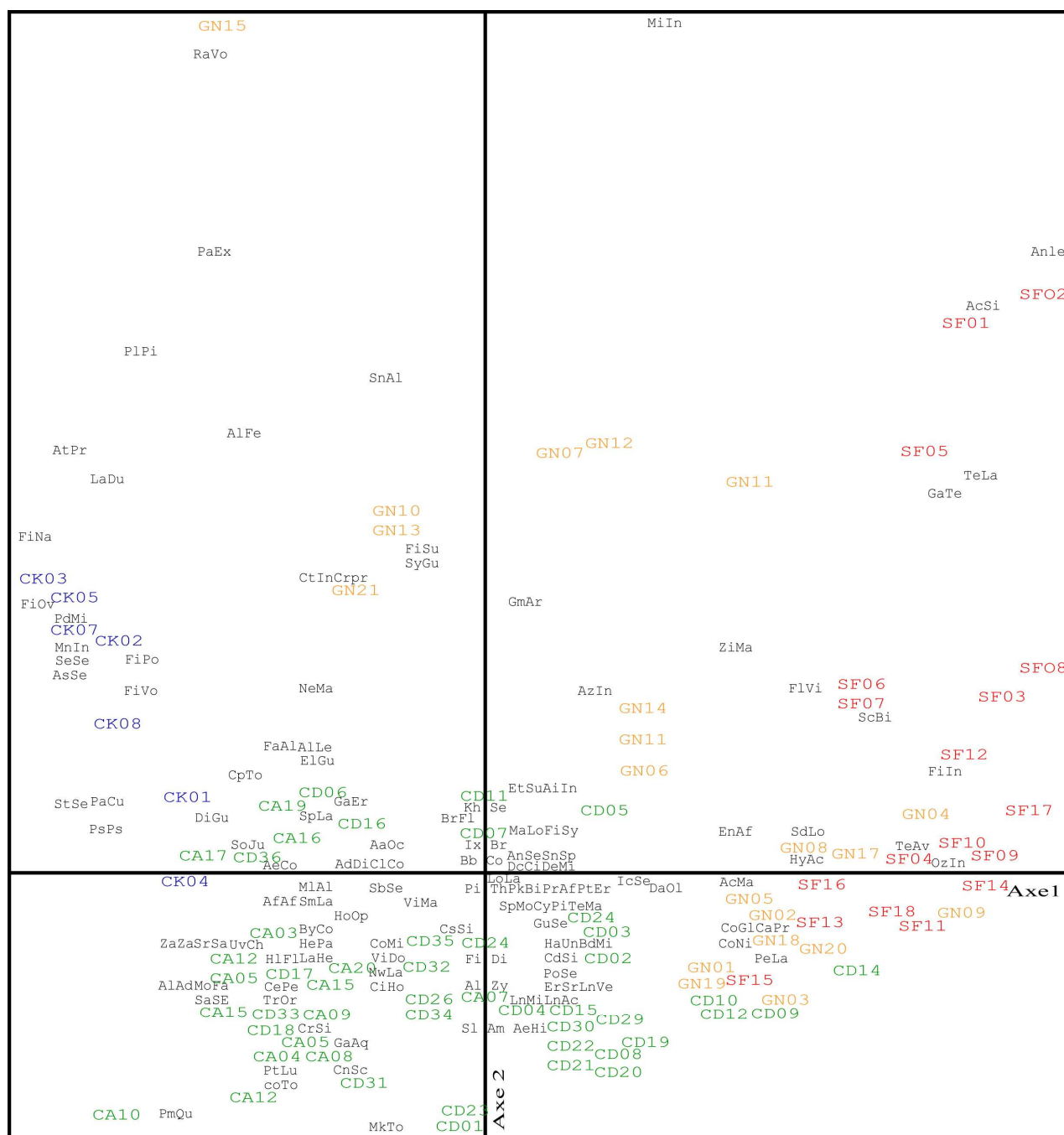
Les espèces caractéristiques de ces secteurs de bas fonds pourraient être *Mitragyna inermis*, *Rauwolfia vomitoria*, *Parinari excelsa*, *Paullinia pinnata*, *Senna alata*. Les espèces caractéristiques pourraient être *Markhamia tomentosa*, *Premna quadrifolia*, *Combretum tomentosum*, *Pterocarpus lucens*, *Canarium schweinfurtzii*.

La dispersion correspond assez fidèlement à un classement des relevés du nord au sud. Cela montre que, même si seul un nombre réduit d'espèces constitue ce contraste, il y a bien un effet régional enregistré par l'A.F.C. En revanche, le deuxième axe présente non seulement un très fort regroupement des individus et des variables dans les faibles valeurs, proches de l'origine, mais aussi un déséquilibre entre un assez grand nombre d'individus et de fortement regroupés variables dans le demi-plan négatif et un petit nombre très dispersés dans le demi-plan positif. Le second axe factoriel met donc en valeur des particularités locales opposant quelques relevés et quelques espèces à l'ensemble des autres relevés et des autres espèces.

Seul un petit nombre de relevés (GN06, GN11, GN14, GN15, GN16 et GN21) montrent des contributions fortes à la construction de l'axe 2. Sur la figure 116, on peut observer qu'ils sont tous localisés dans les bas fonds du Niumi.

À l'inverse, un certain nombre de relevés connaissent des coordonnées négatives sur ce même axe 2. Ils se localisent tous dans le Fogny et le Boulouf. La flore y étant la plus éloignée de la flore des bas-fonds, on peut formuler l'hypothèse qu'il s'agit d'une flore propre aux sols les plus secs.





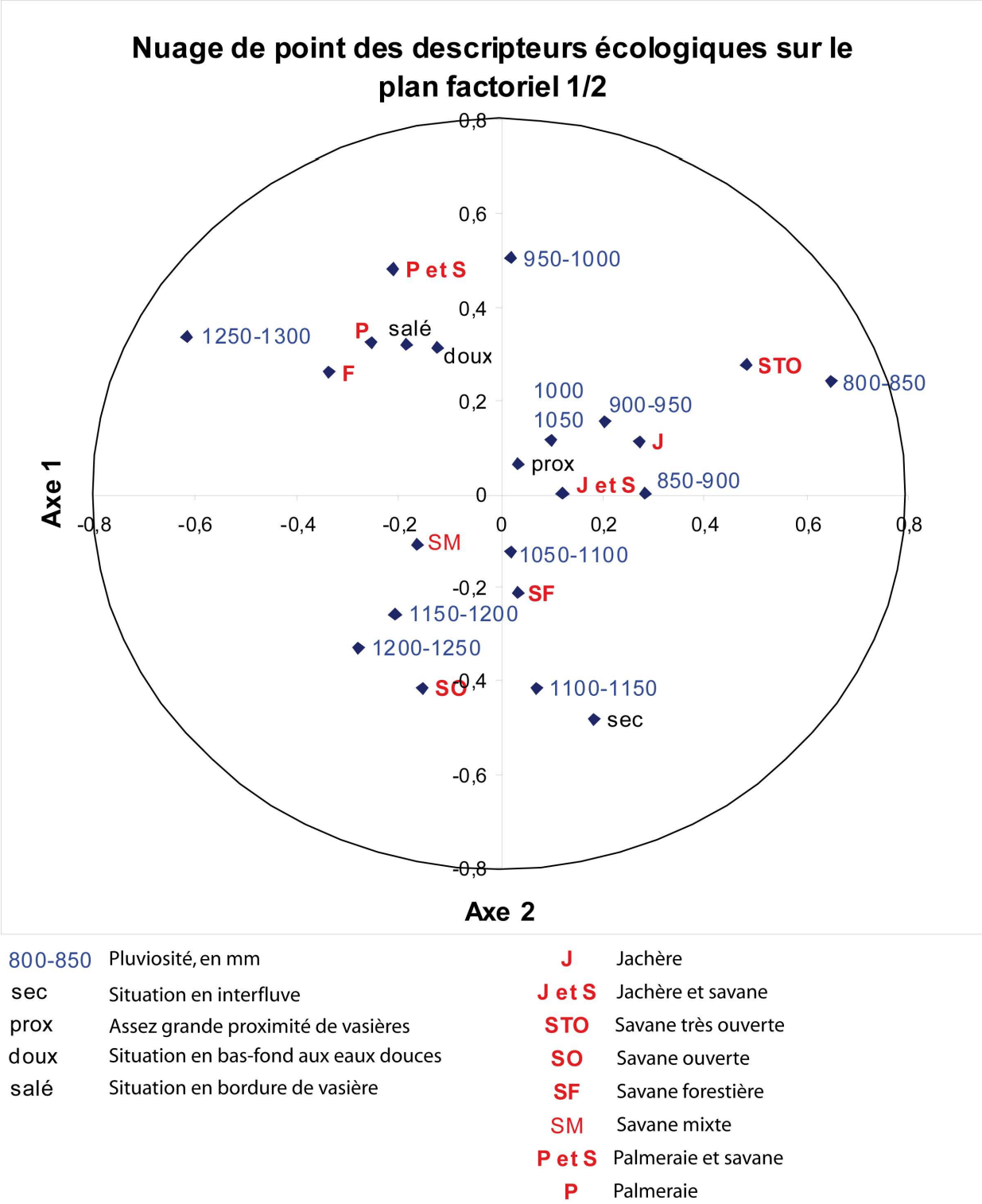
Les relevés codés de 1 au Nord jusqu'à 102 au Sud, sont codés en couleur rouge pour le Bas-Saloum, en Orange pour le Niumi, en vert pour le Fogni et le Boulouf et en bleu pour le Kassa.

Figure 114 : Premier plan factoriel de l'A.F.C. sur les relevés floristiques

### Interprétation des axes factoriels par l'A.C.C.

Pour déterminer les facteurs écologiques liés aux axes factoriels, on utilise l'A.C.C. (Analyse Canonique des Correspondances). Le rapport des traces permet d'évaluer la pertinence de l'A.C.C. Il est ici de 0,38, ce qui est très faible, laissant supposer que les descripteurs écologiques expliquent mal la structure du nuage de points. Pour plus de précision, il s'agit cependant de calculer les rapports des traces des axes factoriels de rang identique pour les deux axes importants.

- **AXE 1** :  $R = 0,891$
- **AXE 2** :  $R = 0,844$



	E1	E2	E3
Pluviosité	0,918	0,721	0,931
Physionomie	0,548	0,616	0,268
Distance au village	0,026	0,025	0,137
Bas-fond	0,060	0,285	0,109

Figure 115 : Principaux résultats de l’A.C.C. sur les données floristiques et écologiques

Le rapport pour les axes « 1 » proche de 0.9 témoigne de changements mineurs entre l'axe 1 de l'A.C.C. et l'axe 1 de l'A.F.C., donc d'une bonne explication de celui-ci par certains descripteurs. Le rapport, inférieur à 0,85 pour le deuxième axe, témoigne de changements sans grande modification de la structure des individus et des variables sur l'axe. Il s'agit pour le deuxième axe d'une assez bonne explication par certains descripteurs.

L'A.C.C. nous montre ensuite que le descripteur climatique à travers la pluviosité est un facteur extrêmement important dans la structure de la végétation (figure 115). Il présente une corrélation de 0.9 avec l'axe 1 et 0,7 avec l'axe 2. Le deuxième facteur important est la physionomie végétale. En effet, la corrélation la plus forte est avec l'axe 2 (0,6) puis l'axe 1 (0,5). La distance au village n'est en rien un facteur structurant de la végétation à cette échelle et selon ces méthodes. Enfin notons tout de même que, contrairement à l'hypothèse établie sur la carte de distribution des coordonnées de l'axe, les bas-fonds présentent une très faible corrélation avec l'axe 2. Cependant, la distribution des descripteurs topographiques le long de l'axe factoriel permet de supposer qu'ils jouent un rôle dans la répartition des types de paysages lesquels jouent à leur tour un rôle sur la flore.

La projection des espèces sur le premier plan factoriel de l'A.C.C. qui prend en compte, non seulement les présences et absences mais également les données écologiques, ne se différencie que peu de celle de l'A.F.C. Parmi les coordonnées positives de l'axe 1 et positives de l'axe 2, on retrouve les descripteurs 800 à 850 mm et les savanes très ouvertes. Parmi les coordonnées positives de l'axe 2 et négatives de l'axe 1, on retrouve les très fortes pluviosités et les physionomies fermées, telles que forêt et palmeraies et un certain nombre de descripteurs de bas-fonds. Parmi les coordonnées proches de l'origine sur l'axe 1 et négatives sur l'axe 2 on retrouve les pluviosités assez fortes et le descripteur d'interfluve.

En conclusion, l'A.C.C. nous confirme que le gradient climatique est le principal facteur écologique de la structure de la végétation à l'échelle macro-régionale. Elle nous confirme également que les types de paysages corrélés à la topographie font varier localement la flore, notamment sous les pluviosités moyennes. Cependant, l'A.C.C. ne permet pas de distinguer finement le rôle respectif des différents descripteurs écologiques quand, sur le plan factoriel, un descripteur climatique et un descripteur physionomique ou topographique ont des coordonnées similaires.

Les analyses factorielles mettent en évidence le niveau d'exigence hydrique des espèces, et en parallèle, l'importance de la végétation hydrophile ou xéro-tolérante de chaque relevé. Elle met aussi en évidence que deux types de milieux permettent de satisfaire les besoins en eau des espèces mésophiles : le sud sous climat guinéen, mis en évidence par l'axe 1, et les paysages fermés des bas-fonds, mis en évidence par l'axe 2. En revanche, elle ne permet pas de savoir si les physionomies fermées forestières sont un facteur de présence d'espèces hydrophiles en soi ou si leur présence répond, au même titre que celles des espèces, à des conditions hydriques favorables.

### 5.2.1.2. Un continuum floristique à l'échelle régionale

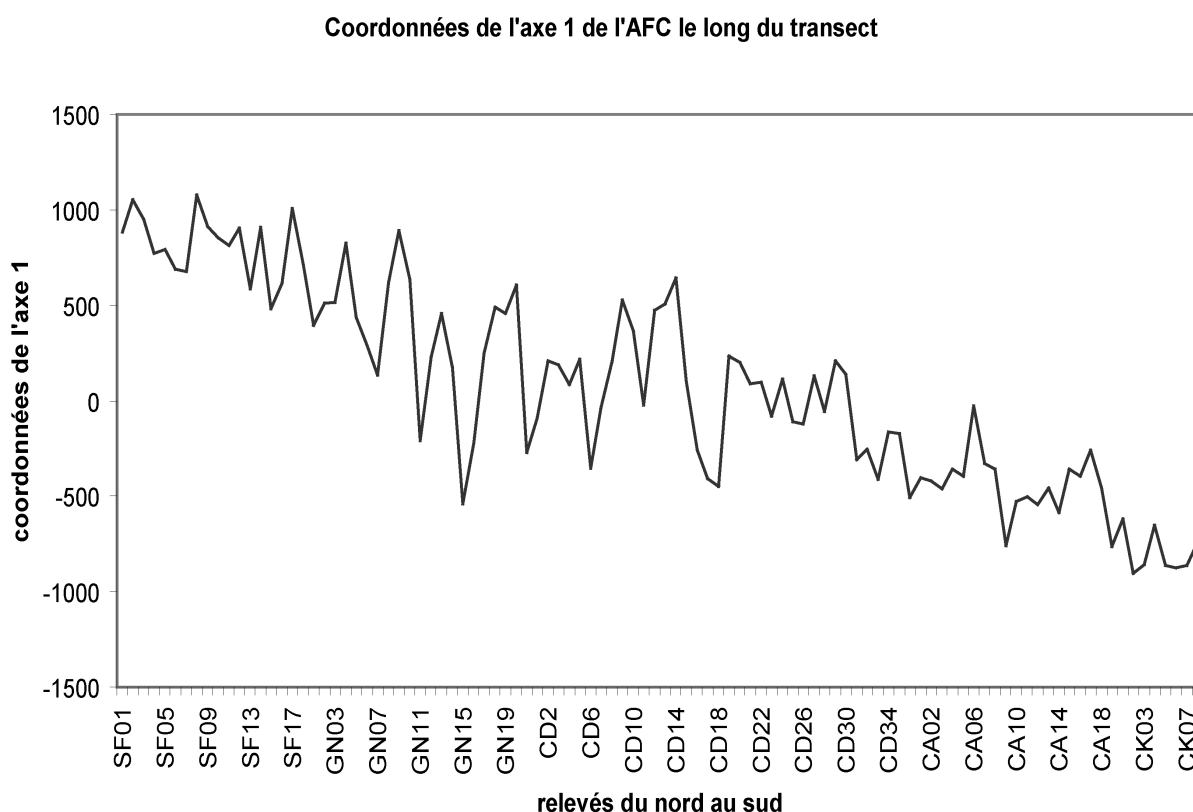
Pour pouvoir discuter de l'importance respective du gradient climatique et de la structure des paysages dans la composition botanique, il s'agit de spatialiser ces fluctuations de la flore afin de savoir si la flore connaît une structure spatiale, en continuum fidèle au gradient climatique, ou une distribution plus discontinue, fidèle à la structure des paysages. Pour cela, nous restituerons les coordonnées de l'axe 1 dans sa dimension spatiale, d'une part de façon épurée sous forme de graphique (figure 116) et d'autre part sous forme d'une carte (figure 117).

#### *Courbe de variation des coordonnées de l'axe factoriel 1*

La variation spatiale des valeurs du premier axe offre une première possibilité d'examen de la possible concordance de l'organisation de la flore avec le gradient climatique ou avec l'agencement des paysages. Sur la figure 116, on note que la pente de la courbe est assez régulière. Ceci nous permet d'affirmer qu'il n'y a pas de changement brusque dans la composition floristique, pas de « révolution floristique » au sens donné par Alexandre *et al.* (1998). Bien qu'elle montre quelques irrégularités, il n'apparaît aucun ensemble de relevés consécutifs aux coordonnées croissantes depuis le nord vers le sud.



Ceci sous entend que c'est bien une variation graduelle progressive qui donne une image de la macro-hétérogénéité de la flore ouest-africaine le long du transect. La tendance générale de la courbe des valeurs du premier axe ordonnées le long du transect laisse bien supposer que les espèces connaissent entre ces deux points des limites qui leur sont propres et qui sont assez régulièrement dispersées. Il semblerait qu'il s'agisse d'un continuum floristique apparaissant ici à l'échelle régionale. Dans le détail, il est possible de distinguer trois subdivisions. Du nord au relevé GN10, la pente chute régulièrement avec de faibles indentations, du relevé GN11 au relevé CD20, la pente est horizontale avec de très fortes indentations, du relevé CD21 au sud la pente est de nouveau régulière avec de faibles indentations. Les deux extrémités peuvent être interprétées comme des variations régulières, liées au gradient climatique. Le centre peut être considéré comme un secteur d'indifférence au climat où la flore est dès lors structurée par la topographie ou par les conditions de milieux propres aux types de paysages.



**Figure 116 : Courbe de variation des coordonnées de l'axe 1 de l'A.F.C. sur les données floristiques**

Une cartographie des coordonnées du premier axe, sur fond de la carte d'occupation du sol (figure 117), permet de prendre en compte la localisation précise des relevés et notamment les discontinuités créées par les vasières. La figure 117 permet de confirmer le caractère graduel de la variation spatiale des coordonnées de l'axe, donc de la composition floristique. En effet, les relevés s'échelonnent globalement assez régulièrement du nord au sud, des coordonnées positives aux coordonnées négatives, selon un modèle apparemment lié à une distribution en liaison avec le climat.

N : 1529249.42  
E : 310652.03

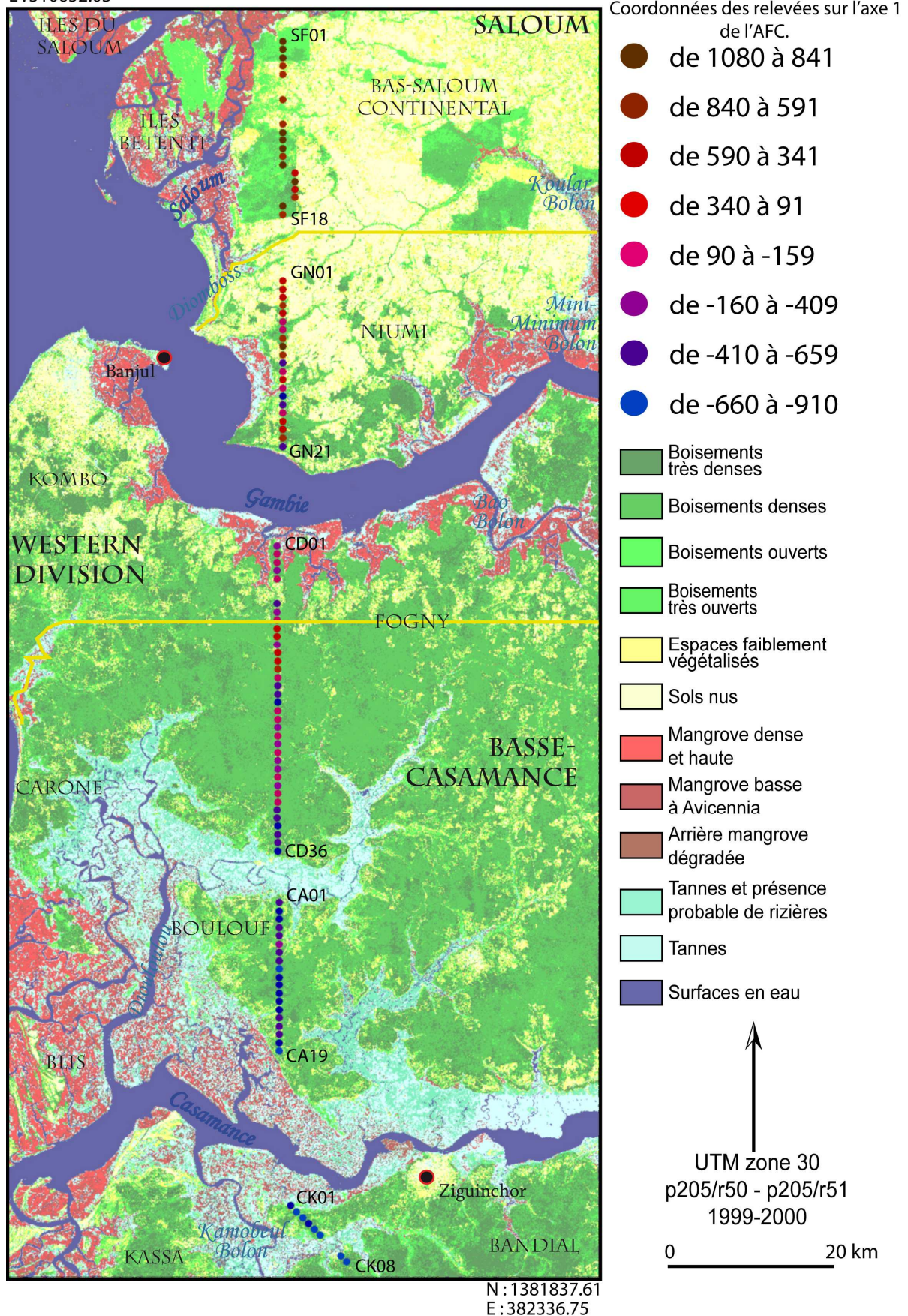


Figure 117 : Carte des coordonnées de l'axe 1 de l'A.F.C. sur les données floristiques

### Confirmation du caractère graduel : la limite optimale

#### Limite optimale

La courbe des coordonnées de l'axe 1 le long du transect semble révéler un gradient floristique régulier du nord vers le sud. Pour confirmer ce premier résultat, nous avons fait appel à un autre outil statistique : le calcul de la limite optimale. Ce traitement a déjà été amplement testé pour les transects phytoclimatiques (Alexandre, 1994 ; Génin, 1995 ; Andrieu, 2002 ; Godron et Andrieu, 2002).

Le calcul de la limite optimale mesure pour chaque césure entre deux relevés l'homogénéité propre aux deux moitiés de transect ainsi séparées. Ces valeurs constituent un indicateur de la significativité d'une limite placée entre chaque partie. Cette courbe présenterait profil en cloche parfaitement régulier dans le cas d'un transect parfaitement homogène et connaît une à plusieurs pointes plus ou moins marquées en fonction de l'importance de la limite pour séparer deux ou plusieurs parties de transects plus homogènes que ne l'est l'ensemble.

La courbe de la limite optimale (figure 118) se présente en cloche assez régulière sans pointe significative. Elle possède en ceci la forme caractéristique d'un transect homogène, un transect qui ne connaît pas de limite réellement « optimale ». Ici, la courbe présente un plafond très modeste, où trois relevés culminent à 6,5 sha pour les relevés de CA14 à CA16. Cette limite optimale se situe entre Kabékel et Woniak, dans la forêt classée des Narangs dans le Fogny casamançais.

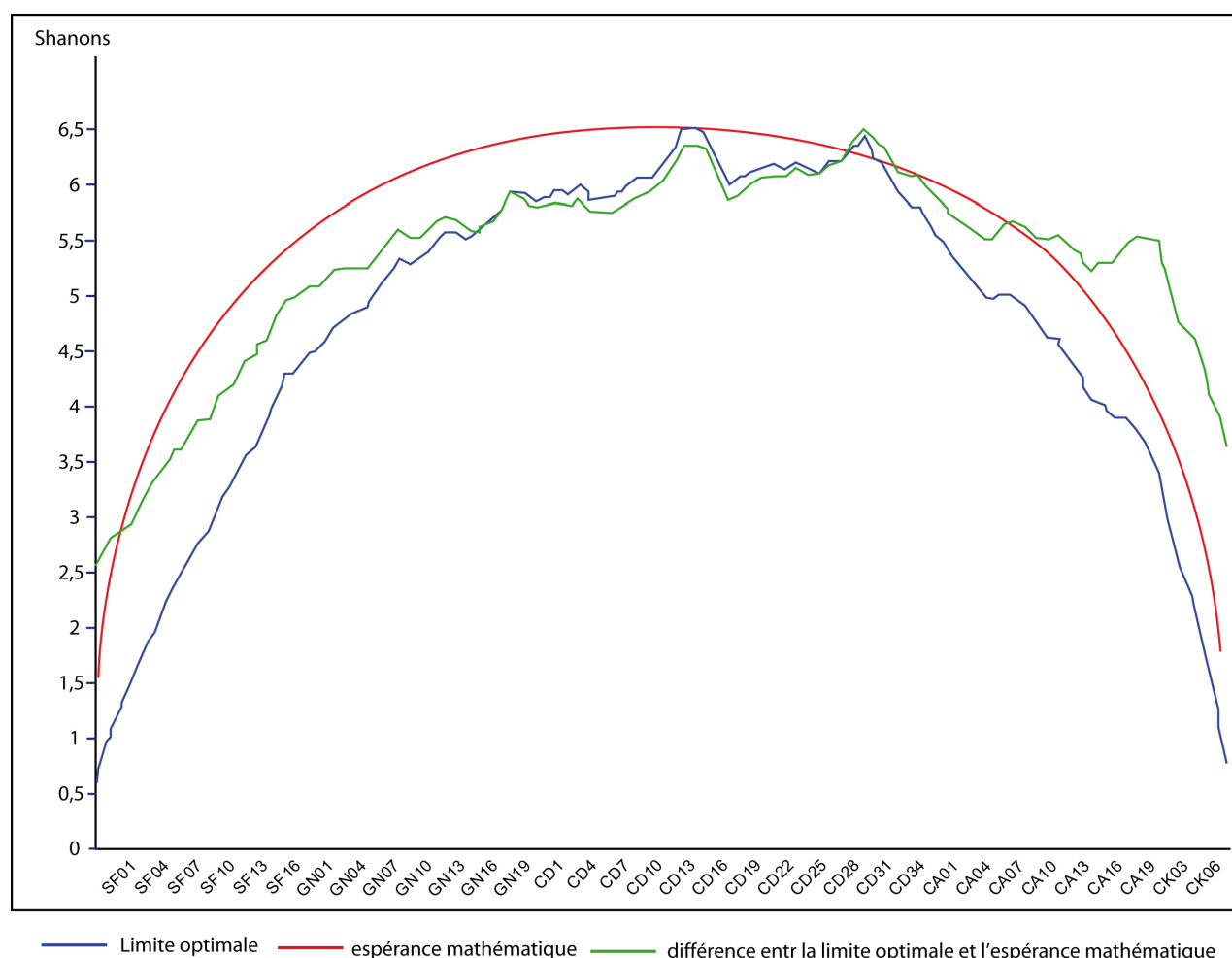


Figure 118 : Courbes de la limite optimale sur le transect phytoclimatique



L'homogénéité maximale des deux moitiés du transect se situe ici parce que huit espèces ne se trouvent qu'au nord de cette limite, vingt-huit autres ne se trouvent qu'au sud de cette limite et parce qu'un certain nombre d'espèces changent significativement de densité de part et d'autre de cette limite. Cependant, cette limite ne constitue en aucun cas une solution de la continuité floristique ; d'une part, chacune des trente-six espèces qui ne sont présentes que d'un côté de cette limite s'interrompent à une certaine distance de cette limite et non en ce lieu précis, d'autre part, cent seize espèces restent transversales à cette limite.

Ce genre de transition est généralement déterminé par le climat et non par la structure des paysages. En effet, la composition floristique des savanes ouvertes rencontrées dans le sud se distingue parfaitement de celle rencontrées dans les mêmes savanes ouvertes du nord. Cela ne signifie cependant pas que la distribution d'un certain nombre d'espèces n'est pas liée à certains paysages. D'autre part, il s'agirait de s'interroger, dans l'autre sens, sur le rôle que joue la présence de certaines espèces dans la répartition de certains paysages.

#### 5.1.1.1. Irrégularités et accélérations du continuum

Si les analyses précédentes mettent en évidence le caractère remarquablement graduel de la transition floristique, des irrégularités apparaissent tout de même à travers les indentations et les accélérations du continuum. L'hypothèse testée ici est que ces irrégularités transcrivent le rôle de la structure des paysages dans la structure de la flore.

Concernant les indentations, il est possible qu'elles soient liées à des compositions floristiques propres à des types de paysages en contraste avec celles des paysages avoisinants. Par exemple, les savanes les plus méridionales pourraient expliquer les pics de coordonnées positives au sud car y sont associées des espèces assez typiquement septentrionales. Pour tester cette hypothèse nous étudierons le secteur où ces indentations sont importantes, à savoir le centre du transect.

Concernant les accélérations, il est possible qu'elles soient liées aux limites latitudinales des types de paysages qui provoquent la limite de distribution des espèces. Par exemple, la palmeraie la plus septentrionale peut concentrer un certain nombre de présences d'espèces assez typiquement méridionales qui connaissent, en ce lieu, leur présence la plus septentrionale. Ce type de cas de figure peut donc constituer une accélération de la transition floristique.

#### *Les indentations du continuum*

La variation des coordonnées de l'axe 1 du nord au sud montre (figure 119), dans le tiers central du transect, notamment entre la frontière nord du Saloum et la forêt classée des Narangs, des indentations nettement marquées. La partie centrale de ce transect est donc un secteur micro-hétérogène de relevés aux contrastes locaux entre flores d'appartenance méridionale et septentrionale. Sur la figure 119, on aperçoit que les deux courbes connaissent des pics opposés. Quand l'axe 1 est négatif (flore méridionale), l'axe 2 est positif (paysages fermés) ; quand l'axe 1 est positif (flore septentrionale), l'axe 2 est négatif (paysages ouverts).

Or, l'A.F.C.V.I. a démontré, qu'avec les valeurs positives de l'axe 2, on retrouve les descripteurs bas-fonds, palmeraies et forêts. Parmi les valeurs négatives de l'axe 2, on retrouve les descripteurs interfluve et savanes ouvertes. Plus précisément, les secteurs de végétation mésophile : GN7, GN11, GN15, GN21 et CD6 sont en bleu. Ils se situent tous dans les secteurs de basse topographie (figure 120), alors que deux d'entre eux contiennent une palmeraie et un relevé est localisé en savane forestière. Les secteurs de végétation xéro-tolérante sont les relevés GN09, GN19, CD03, CD09 et CD13. Tous se situent en interfluve et en paysages ouverts dont un relevé en jachère et quatre en savane ouverte. Ces indentations, clairement liées à la topographie, sont exacerbées par les types de paysages que l'on retrouve en position basse.

# Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud

N : 1529249.42  
E : 310652.03

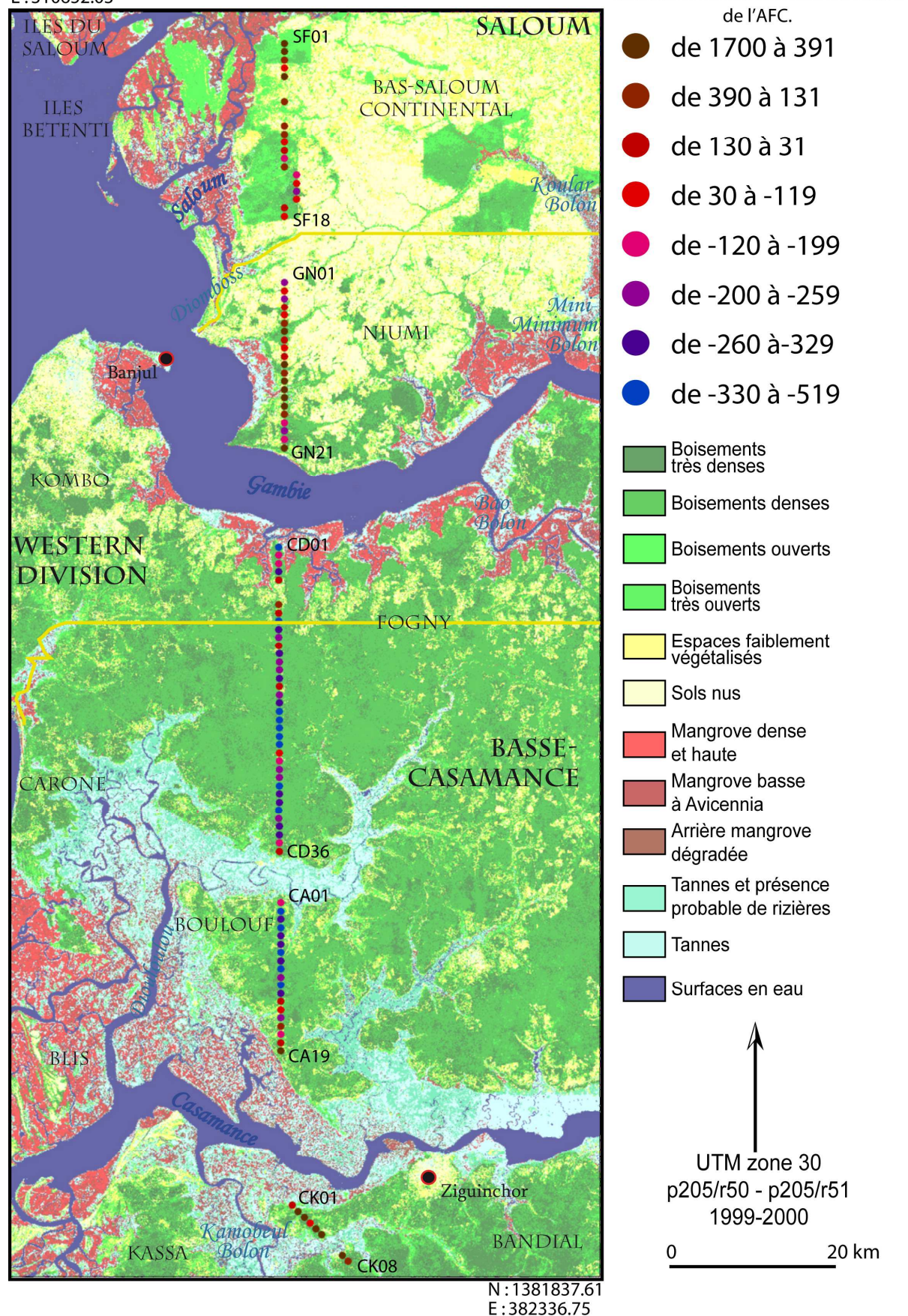


Figure 119 : Variation des coordonnées de l'axe 2 le long du transect

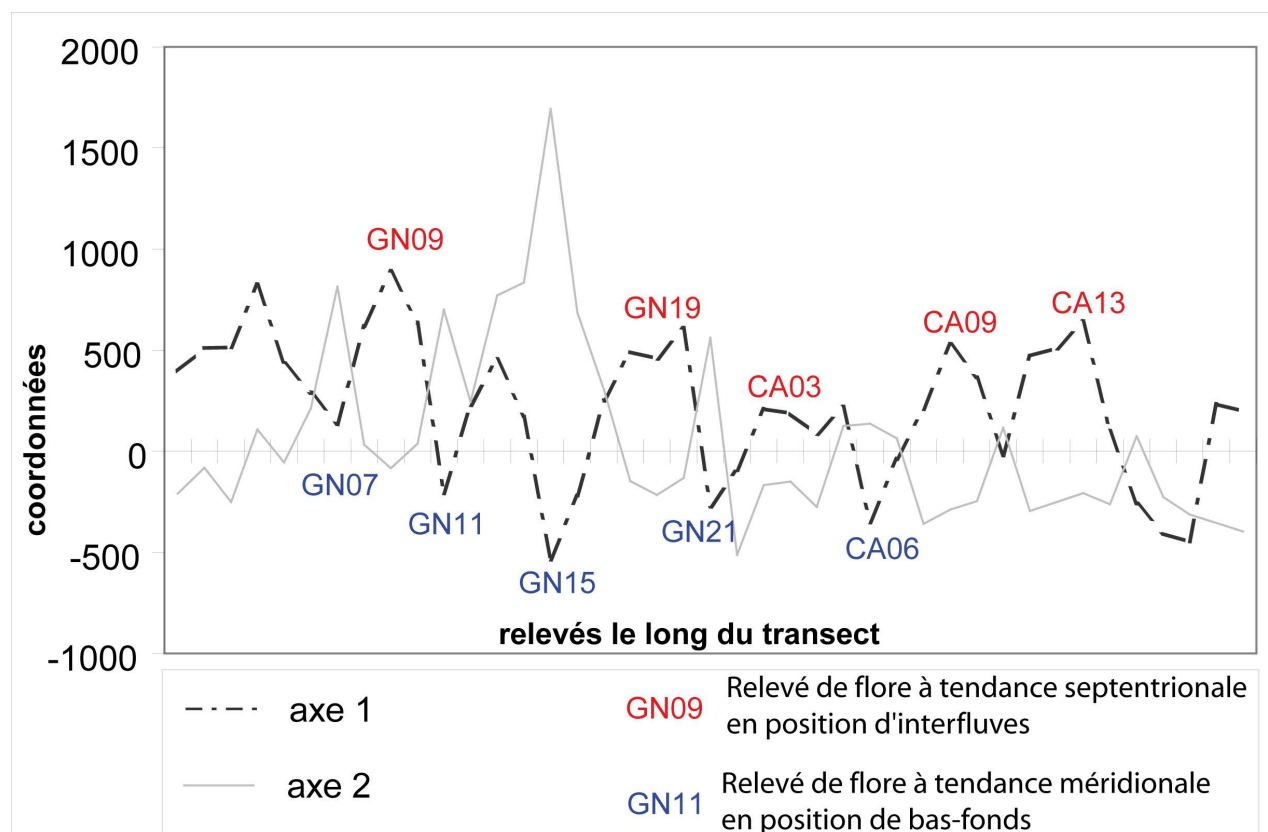


Figure 120 : Variations contraires des coordonnées des deux premiers axes factoriels dans le centre du transect

### Accélérations du continuum

#### La courbe aire-espèces

La courbe aire-espèces illustre le total d'espèces obtenues en un relevé, auquel on ajoute les espèces nouvellement rencontrées sur le deuxième relevé... et ainsi de suite jusqu'au dernier relevé, sur lequel apparaît le total des espèces. Ce graphique a d'abord été appliqué aux relevés phytosociologiques pour déterminer les aires minimales (Braun Blanquet, 1957). Il peut être appliqué aux transects. Ici ce traitement est effectué deux fois, une fois du nord vers le sud, et une fois du sud vers le nord.

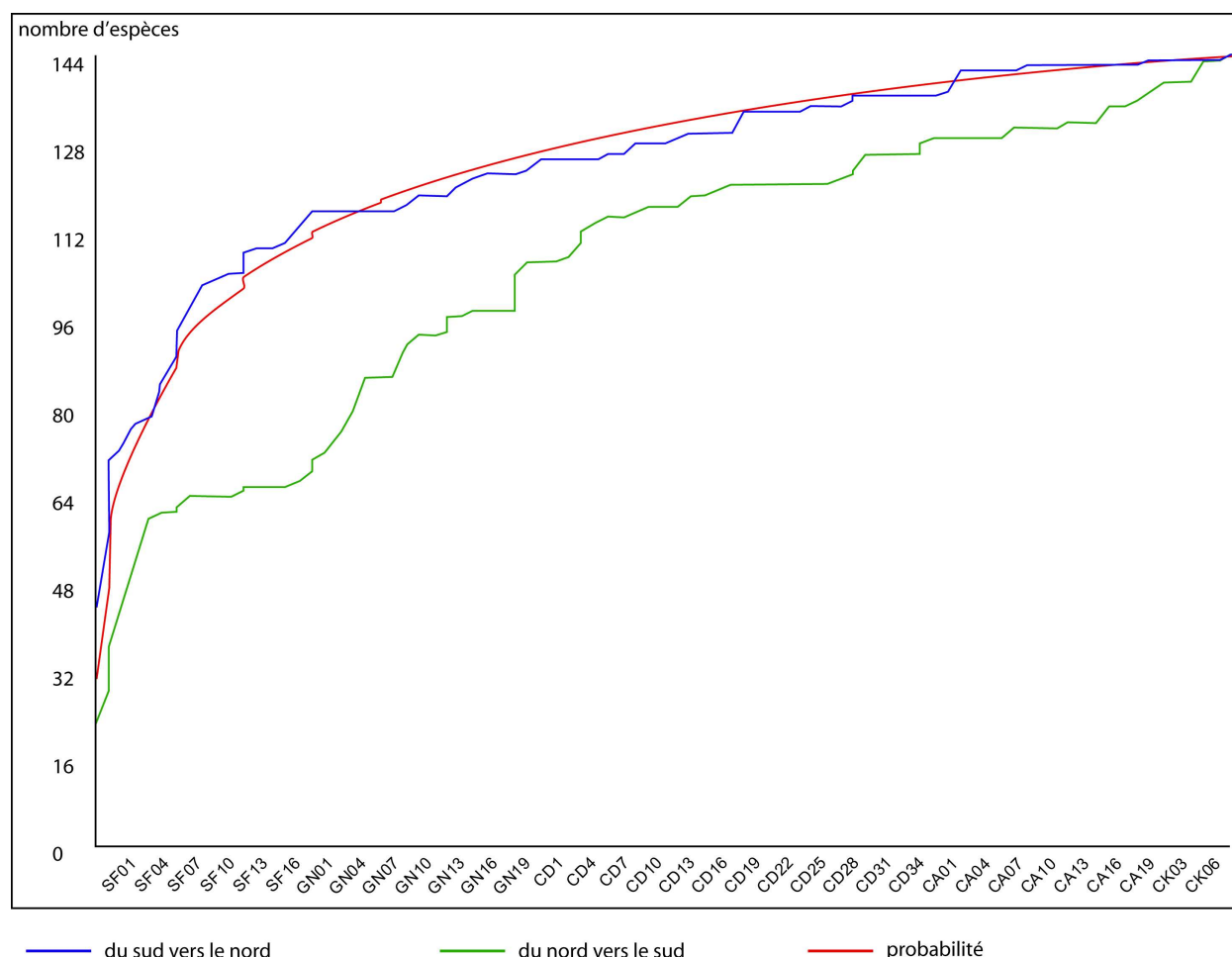
#### Du nord au sud

Les trois premiers relevés se situent en savane boisée très ouverte et très dégradée (forêt classée de Sangako) et les sept suivants se situent en milieu agricole (jachères, pâturages...). La courbe en vert, du nord au sud, débute avec 24 espèces. Lorsqu'on prend en compte le second relevé, la liste d'espèces passe à 31, ensuite 39 espèces constituent la flore ligneuse des trois premiers relevés, on passe à 47 espèces au quatrième, 56 au cinquième, puis 64 au sixième. Entre le sixième et le septième relevé, seule une nouvelle espèce apparaît, ainsi qu'au neuvième relevé. Les différences de rythme d'accroissement du nombre d'espèces sont importantes. Les 64 espèces des six premiers relevés constituent donc la flore de l'extrême nord du transect. Certaines de ces espèces seront limitées au nord, d'autres seront présentes sur l'ensemble du transect, mais elles ont en commun la capacité à se développer au nord. Le passage des savanes très ouvertes aux jachères ne semble pas induire de réelle modification de la flore.

Les relevés SF10 à SF18 se situent en savane boisée ouverte, puis en savane boisée plus dense, enfin en savane forestière. Or, le relevé SF10 fait apparaître deux nouvelles espèces. Une espèce supplémentaire apparaît au relevé SF11 et une au relevé SF15. Ces faibles quantités de nouvelles espèces



signifient bien que la flore des relevés SF06 à SF17 est sensiblement la même que celle des six premiers relevés et que la prise en compte d'un nouveau massif de savane, même s'il est moins ouvert que le précédent, n'amène pas de nouveau cortège d'espèces.



**Figure 121 : Courbes aire-espèces**

Les relevés GN01 à GN06 sont en jachères. Or, une légère accélération de la transition apparaît dès la frontière gambienne, le relevé GN01 voit l'apparition d'une nouvelle espèce, GN02 deux nouvelles espèces, puis une espèce et encore deux en GN03 et GN04. GN05 ajoute trois nouvelles espèces et GN06 en ajoute quatre. Or, cette légère accélération de la transition floristique ne correspond pas à la prise en compte d'un type de paysage différent.

GN07 permet la prise en compte d'une palmeraie, dense bien que très peu étendue, à proximité d'un bas fond. Ce premier relevé de palmeraie ajoute à la liste sept nouvelles espèces. Ce relevé est suivi de secteurs de jachères et de savanes très ouvertes sans nouvelle espèce. Aux relevés GN11 et GN12, une deuxième zone de bas-fonds particulièrement boisée est échantillonnée par le transect. Or, 6 nouvelles espèces apparaissent au relevé GN11, suivies de deux nouvelles espèces au suivant. Les savanes ouvertes succèdent à cette savane forestière jusqu'à la rive du fleuve Gambie où la composition botanique a été relevée au sein d'une autre palmeraie. La courbe retrouve une pente quasi nulle jusqu'au relevé qui atteint les vasières du fleuve Gambie où sept nouvelles espèces apparaissent.

Des types de paysages déjà rencontrés auparavant se rencontrent jusqu'à l'antépénultième relevé où apparaît la forêt. La courbe aire-espèces y prend une pente régulière où les nouvelles espèces s'échelonnent avec une grande régularité et où les seuils les plus importants sont de quatre espèces consécutives (CA12 dans la forêt classée des Narangs, CA16, CK06). Si ce dernier seuil doit être mis en relation avec

l'apparition des paysages forestiers, les deux autres légères accélérations semblent à première vue ne coïncider avec aucun contraste paysager.

**Ainsi du nord au sud, les passages de la savane ouverte à la jachère, ou à la savane forestière n'induisent pas de sauts floristiques majeurs. En revanche, l'apparition des deux types de boisements fermés : les palmeraies, et, dans une moindre mesure les forêts, est concomitante avec celle d'un nombre significatifs d'espèces.**

### *Du sud au nord*

Les huit premiers relevés se situent en palmeraie, en forêt ou en rizière complantée plus ou moins enfrichée. Depuis le sud vers le nord, le corpus d'espèces est de quarante-huit taxons dès le premier relevé. Il passe à soixante et une espèces au deuxième et à soixante-quatorze au troisième. La courbe s'infléchit ensuite fortement, tendant à faire penser qu'un premier ensemble floristique est ainsi défini puisque les relevés CK05, CK04 et CK03 n'apportent respectivement que trois, quatre et une espèce. Les deux relevés septentrionaux du Kassa (CK02 et CK01) aux paysages similaires à ceux précédents apportent cependant huit et quatre nouvelles espèces. Il s'agit donc probablement de la constitution, en huit relevés et non en trois, du corpus d'espèces méridionales.

Les trois premiers relevés du Boulouf prennent en compte un nouveau type de paysage : la savane ouverte. Or, ils apportent respectivement cinq, quatre et cinq nouvelles espèces à la liste. Il semble qu'une flore très méridionale et liée aux forêts et palmeraie se distingue bien d'une flore presque aussi méridionale mais qui se développe dans des paysages moins denses.

Ensuite, les quarante-quatre espèces qui restent à apparaître sur le transect le font très progressivement. Seuls quatre légers seuils peuvent être notés. Le premier (toujours dans le Boulouf) au relevé CA13, avec la première savane forestière rencontrée sur le terrain, apporte quatre nouvelles espèces à la liste. Ensuite, les relevés CA08 et CA09 du Boulouf, plus au nord, apportent chacun trois nouvelles espèces, sans que cette limite puisse être reliée à un nouveau type de paysage. Le seuil suivant se situe près de Kafuta, en rive sud de la Gambie, et apporte quatre nouvelles espèces, il n'est pas non plus lié à un nouveau type de paysage. Enfin, le dernier seuil floristique se situe au relevé GN07 en rive nord de la Gambie et apporte également quatre nouvelles espèces, il s'agit là non d'un type de paysage nouvellement pris en compte mais de la dernière palmeraie observée.

**Ainsi du sud au nord, une flore se constitue dans les paysages de forêts et de palmeraies dès les huit premiers relevés. Ensuite, la rencontre de savanes assez basses dans le Boulouf permet un important enrichissement de la liste ainsi que, un peu plus au nord, la prise en compte par le transect d'une savane forestière.**

Une assez bonne correspondance apparaît donc entre les seuils de la courbe aire espèce et l'apparition des nouveaux types de paysages le long du transect. Ainsi, si globalement la distribution des espèces constitue un continuum qui peut être relié au gradient climatique, ce continuum présente un nombre significatif d'irrégularités qui peuvent être reliées à la structure des paysages.

### **Approche globale synécologique (5.2.1)**

Le fort recouvrement des espèces méridionales et des espèces septentrionales et l'échelonnement régulier des limites d'espèces traduisent le caractère très progressif de la transition floristique. La thèse de White (1986) sur l'appartenance de l'ensemble de la zone à une zone de transition entre flore soudanienne et flore guinéenne semble donc se confirmer. Ceci confirme aussi que la distinction de deux ensembles discrets et délimités géographiquement comme le proposent les systèmes de description basés sur les discontinuités sont, à cette échelle, mal adaptés.

Si la continuité est certaine, il peut cependant se révéler important d'examiner les endroits où la courbe aire-espèces connaît une inflexion. Aubréville (1948) plaçait une limite entre soudano-guinéen et soudano-sahélien au niveau du nord gambien. Or, cette zone est encore aujourd'hui celle où se rencontre

un maximum de limites latitudinales de présences. La vision d'Aubréville, qui distinguait la flore soudano-sahélienne de la flore soudano-guinéenne, semble également se confirmer bien que la discontinuité entre les deux flores ne se traduit pas par une limite nette entre deux ensembles homogènes mais par un changement dans la vitesse d'échelonnement des espèces le long du gradient climatique.

Quant à la transition entre flore soudanienne et flore guinéenne à l'échelle plus fine, telle qu'elle est décrite par Trochain (1940) sous forme d'une mosaïque liée à la topographie, elle est aussi observée à travers les contrastes floristiques locaux rendant certains relevés septentrionaux assez proches de la flore méridionale et certains relevés méridionaux assez proches de la flore septentrionale. Nos observations et analyses pour le Niuni, où l'alternance de bas-fonds et d'interfluviaux a été observée, sont donc conformes à ceux de Trochain dans le Bas-Saloum.

Il apparaît que, dans son ensemble, la flore s'agence essentiellement en fonction des ressources en eau, montrant une certaine similarité floristique entre le sud à forte pluviosité et les bas-fonds du nord à forte ressource en eau du sol. Lorsqu'on étudie la flore dans son ensemble, elle semble assez nettement déconnectée de la structure des paysages. Un examen plus fin a cependant permis de voir que la distribution de certaines espèces concorde avec la structure macro-régionale des paysages comme le montre l'étude des limites en liaison avec les types de paysages.

Si la structure générale de la flore a été assez bien décryptée et semble claire, la part du climat, de la topographie et des paysages, espèce par espèce, est à définir. En effet, le premier axe de l'A.C.P. a rapproché la flore septentrionale et celle des paysages ouverts dans ses coordonnées positives et rapproché la flore méridionale et celle des paysages forestiers dans ses coordonnées négatives. Le deuxième axe a, quant à lui, rapproché la flore des bas-fonds et celle des paysages fermés dans les valeurs positives et rapproché la flore des terres sèches et celle des paysages ouverts dans les valeurs négatives. C'est donc une approche plus analytique et moins synthétique qui doit nous permettre de répondre à la question de la distinction des facteurs écologiques dans la distribution de la flore sur le littoral ouest-africain entre Saloum et Casamance.

### 5.2.2. Approche analytique, auto-écologique

En examinant, non plus l'ensemble du corpus, mais la distribution des espèces une à une, nous mettrons en évidence des espèces qui sont étroitement liées à une certaine pluviosité ou au type de paysage dans lequel elles se développent. Pour cela, il s'agit d'abord d'aller de l'avant sur la question de la structure spatiale de la flore et de ses facteurs explicatifs. D'autre part, ces analyses doivent ensuite permettre de repérer les espèces qui, par leur liaisons avec les types de paysages et ou avec le climat, sont les plus susceptibles d'avoir réagi aux modifications paysagères ou aux récentes fluctuations de la pluviosité. Ces espèces « réactives » sont aussi celles qui seront supposées vulnérables lorsqu'on se concentrera sur la cinématique de la flore. Les analyses fréquentielles ordonnent les descripteurs et permettent de considérer la pluviosité comme principal facteur, le paysage en tant que second facteur. Elles mettent en évidence quatre descripteurs très faiblement structurants : la distance au village, aux vasières à l'Océan et le statut forestier. A l'instar de l'A.C.C. l'analyse fréquentielle révèle que le dernier descripteur, les bas-fonds, par une discrétisation en deux classes de topographie, ne permet pas une bonne prise en considération statistique.

1. Le descripteur climatique (information : 2,77 sha),
2. Le descripteur paysage (information : 2,26 sha),
3. Le descripteur distance au village (information : 1,41 sha),
4. Le descripteur distance à la vasière (information : 1,38 sha),
5. Le descripteur statut forestier (information : 1,2 sha),
6. Le descripteur distance à l'Océan (information : 1,15 sha),
7. Le descripteur bas-fond (information : 0,53 sha).



Le long du gradient latitudinal, se succèdent certains caractères paysagers, qui ne sont pas uniquement spatialisés par le gradient climatique mais qui y sont parfois liés. Il est intéressant de savoir si l'on peut étudier le facteur physionomie de la végétation, en plus du facteur pluviosité ou s'ils sont parfaitement redondants. Le descripteur forêt est entièrement localisé sous plus de 1250 mm de précipitations annuelles et celui de savane mixte, entièrement localisé sous plus de 1200 mm de précipitations annuelles. Il faudra donc manier avec prudence ces descripteurs ou alors en constituer un descripteur unique « forêt sous plus de 1250mm » ou « savane mixte sous 1200-1250 mm ». Les autres types de paysages sont présents sous différents climats. Nous pouvons donc considérer les autres descripteurs climatiques et physionomiques comme des descripteurs fiables.

De la même manière, il convient de s'interroger sur une éventuelle « adhérence » entre le facteur topographique et celui de la physionomie de la végétation. La seule adhérence est entre les paysages de palmeraie et la localisation dans un bas-fond. Elle est peu surprenante dans la mesure où le transect ne s'étend pas suffisamment vers le Sud, où les palmeraies peuvent se localiser hors des bas-fonds. Nous constituerons donc un descripteur unique « palmeraie de bas-fond ».

Les deux principaux facteurs qui ressortent de l'A.C.C. (5.2.1.1) et des analyses fréquentielles seront d'abord présentés : la pluviosité (5.2.2.1) et les types de paysages (5.2.2.3). Cependant, avant d'aborder le rôle des paysages, il s'agit de discuter du rôle des bas-fonds, qui, s'il apparaît faible avec les techniques statistiques employées, constitue tout de même une information à ne pas négliger si on le croise avec celui de la proximité des vasières (5.2.2.2).

### 5.2.2.1. Le facteur climatique

Le premier facteur est la pluviosité (obtenue par interpolation spatiale de données des stations sénégalaises entre 1960 et 1995) en ce qu'il offre 2,77 sha d'information. Quatre-vingt dix-sept espèces ont des liaisons significatives avec certaines classes de ce descripteur. Cinquante d'entre elles ne présentant qu'une liaison faiblement significative ou plusieurs liaisons avec des gammes de pluviosité non consécutives seront écartées. Quarante-sept espèces présentent donc une liaison significative ou très significative avec une classe de pluviosité d'amplitude allant de 50 à 200 mm annuels.

Pour restreindre la liste aux espèces les plus susceptibles d'une réaction à une modification de la pluviosité, nous croiserons cette liste avec celles possédant une forte information de limites méridionale ou septentrionale, c'est-à-dire les espèces densément présentes jusqu'à un point où elles s'arrêtent brutalement. Si la limite de répartition est nette, la présence d'un seuil écologique est assez probable et l'espèce sera très susceptible de modifier sa distribution si ce seuil évolue.

Sept espèces présentent une liaison avec les pluviosités inférieures à 850 mm annuels, il s'agit de *Acacia macrostachya*, *Ficus ingens*, *Terminalia laxiflora*, *Acacia sieberiana*, *Anogeissus leiocarpus*, *Daniellia olivieri* et *Gardenia ternifolia*. Une espèce est liée aux pluviosités inférieures à 850 mm et dans une moindre mesure à celles entre 850 et 900 mm, il s'agit de *Combretum nigricans*. Une espèce est liée aux pluviosités entre 850 et 900 mm, il s'agit de *Ficus sycomorus*. Une espèce est liée aux pluviosités entre 850 et 950 mm, il s'agit de *Pericopsis laxiflora*. Une espèce est liée aux pluviosités entre 850 et 1000 mm, il s'agit de *Ziziphus mauritiana*. Trois espèces sont liées aux pluviosités entre 950 et 1000 mm, il s'agit de *Albizia ferruginea*, *Mitragyna inermis*, *Parinari excelsa*. Ces quatorze espèces sont liées à l'une des gammes de pluviosité soudaniennes. Parmi ces espèces dix connaissent une limite méridionale très significative, signe d'une distribution septentrionale. (tableau 10).

# Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud

Le descripteur 3 Pluviosité offre 2.77 shannons										
Codes :	825	875	925	975	1025	1075	1125	1175	1225	1275
Profil d'ensemble :	17	7	4	7	4	2	26	11	9	15
Acacia macrostachya	+++	.	.	.	.	.	.	.	---	---
Acacia sieberiana	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Terminalia avicennoides	+++	.	+	.	.	.	.	-	.	--
Terminalia laxiflora	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ficus ingens	+++	.	.	.	.	.	-	.	.	.
Anogeissus leiocarpus	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Daniella olivieri	++	.	.	.	.	.	.	.	.	---
Gardenia ternifolia	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Combretum nigricans	++	+	.	.	.	.	.	.	.	---
Ficus sycomorus	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.
Pericopsis laxiflora	.	++	++	.	.	.	.	.	.	.
Ziziphus mauritiana	.	++	++	++	++	.	-	.	.	-
Albizia ferruginea	.	.	.	+++	.	.	.	.	.	.
Mitragyna inermis	.	.	.	+++	.	.	.	.	.	.
Parinari excelsa	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.
Hannoa unduata	-	+	.	.	++	.	.	.	.	.
Ixora brachypoda	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.
Erithrina senegalensis	.	.	.	-	.	.	++	.	.	.
Ficus dichranstylosa	.	.	.	.	.	.	+++	.	.	.
Smilax anceps	--	.	.	.	.	.	+++	.	.	.
Premna quadrifolia	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.
Salacia senegalensis	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.
Lannea acida	.	.	.	.	.	.	.	++	+	-
Strophantus sarmentosus	-	.	.	.	.	.	-	++	+	+
Landolphia heudelotii	---	.	.	-	.	.	.	++	+	+
Markhamia tomentosa	-	.	.	.	.	.	.	++	+++	.
Calicobolus heudeloti	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.
Afzelia africana	.	.	.	.	.	.	.	.	+++	.
Canarium schweinfurt	-	.	.	.	.	.	.	.	+++	.
Albizia adianthifolia	-	.	.	.	.	.	-	.	+++	++
Dialium guineense	---	-	.	+	.	.	--	++	+++	++
Combretum micranthum	--	.	-	.	.	.	.	.	++	+
Psychotria psychotrioides	-	.	.	.	.	.	-	.	+	+++
Zantoxylum zanthoxyloides	--	.	.	.	.	.	.	+	++	+++
Anacardium occidentale	.	.	.	.	.	.	--	.	.	+++
Mangifera indica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Sesbania sesban	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Smeathmannia laevigata	---	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Anthocleista procera	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Parinari curatellifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Elaeis guineensis	---	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Ficus polita	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Ficus natalensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Ficus Wallis-choudade	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Anthostema senegalensi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Hoslundia oppositifolia	--	.	.	--	.	.	.	.	.	++
Landolphia dulcis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Paullinia pinnata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Pseudospondias microcarpu	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Sterculia setigera	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++

+++ liaison positive très significative

++ liaison positive significative

+ liaison positive peu significative

--- liaison négative très significative

-- liaison négative significative

- liaison négative peu significative

Tableau 9 : liaisons entre espèces et descripteurs de pluviosité

	IDEB	IFIN	INGR	Htg
<i>Ziziphus mauritiana</i>	2.1	<b>35.2</b>	16.0	75.1
<i>Ficus ingens</i>	3.6	<b>28.2</b>	5.6	50.3
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	4.4	<b>21.2</b>	0.7	26.3
<i>Terminalia laxiflora</i>	3.7	<b>19.3</b>	2.4	37.7
<i>Acacia macrostachya</i>	0.8	<b>14.1</b>	18.1	96.5
<i>Combretum nigricans</i>	4.7	<b>13.5</b>	9.5	92.8
<i>Gardenia ternifolia</i>	4.6	<b>12.9</b>	1.2	26.3
<i>Mitragyna inermis</i>	4.1	<b>12.5</b>	12.8	30.3
<i>Acacia sieberiana</i>	4.1	<b>12.2</b>	7.2	30.3
<i>Pericopsis laxiflora</i>	7.0	<b>12.1</b>	4.8	53.1

**Tableau 10 : Information de distribution (début, fin, groupement, hétérogénéité) des espèces septentrionales**

*Smilax anceps*, *Ficus dichranstylosa*, *Erythrina senegalensis* et *Ixora brachypoda* sont liées aux pluviosités entre 1100 et 1150 mm. *Landolphia heudelotii* et *Markhamia tomentosa* sont liées aux pluviosités entre 1100 et 1200 mm. *Premna quadrifolia* et *Salacia senegalensis* sont liées aux pluviosités entre 1150 et 1200 mm. *Lannea acida*, *Strophantus sarmentosus* et *Zantoxylum zanthoxyloides* sont liées aux pluviosités entre 1150 et 1250 mm. *Canarium schweinfurtzii*, *Azelia africana* et *Calicobolus heudelotii* sont liées aux pluviosités entre 1200 et 1250 mm. La confrontation, pour les espèces soudano-guinéennes, entre les liaisons avec les pluviosités et les informations des limites septentrionales et méridionales montre différents niveaux de sensibilité aux fluctuations du climat. Huit espèces sont susceptibles de fluctuer dans leurs limites septentrionales, une est susceptible de fluctuer dans ses deux limites et une est susceptible de fluctuer en limite sud (tableau 11).

	IDEB	IFIN	INGR	Htg
<i>Zantoxylum zanthoxyloides</i>	<b>38.6</b>	1.9	8.5	83.0
<i>Landolphia heudelotii</i>	<b>20.0</b>	1.3	6.1	95.5
<i>Strophantus sarmentosus</i>	<b>13.7</b>	2.4	8.4	69.5
<i>Salacia senegalensis</i>	<b>11.8</b>	3.0	2.1	53.1
<i>Smilax anceps</i>	<b>11.2</b>	2.4	10.1	80.1
<i>Premna quadrifolia</i>	<b>11.2</b>	5.5	1.0	26.3
<i>Canarium schweinfurtzii</i>	<b>11.2</b>	5.2	1.9	63.1
<i>Calicobolus heudelotii</i>	<b>8.1</b>	6.0	0.0	12.3
<i>Markhamia tomentosa</i>	<b>7.7</b>	6.9	12.8	76.9
<i>Ficus dichranstylosa</i>	<b>8.5</b>	<b>8.6</b>	1.5	41.1
<i>Ixora brachypoda</i>	6.9	<b>10.3</b>	6.5	44.3
<i>Lannea acida</i>	3.6	<b>8.6</b>	2.8	96.5

**Tableau 11 : Information de distribution (début, fin, groupement, hétérogénéité) des espèces centrales**

*Albizia adianthifolia*, *Combretum micranthum* et *Psychotria psychotioides* sont liées aux pluviosités supérieures à 1200 mm. *Anacardium occidentale*, *Ficus polita*, *Anthocleista procera*, *Mangifera indica*, *Sesbania sesban*, *Smeathmannia laevigata*, *Parinari curatellifolia*, *Elæis guineensis*, *Anthostema senegalensis*, *Ficus natalensis*, *Ficus wallis-choudæ*, *Hoslundia oppositifolia*, *Landolphia dulcis*, *Paullinia pinnata*, *Pseudospondias microcarpum* et *Sterculia setigera* sont liées aux pluviosités supérieures à 1250 mm. Sur les seize espèces présentant de fortes liaisons avec les fortes pluviosités, treize espèces semblent confirmer, par une limite septentrionale très significative, qu'elles présentent une certaine vulnérabilité à une fluctuation de la pluviosité (tableau 12).



	IDEB	IFIN	INGR	Htg
<i>Albizia adianthifolia</i>	30.7	2.5	9.9	73.3
<i>Psychotria psychotoides</i>	29.1	2.7	1.9	60.7
<i>Parinari curatellifolia</i>	20.5	3.6	1.5	41.1
<i>Sterculia setigera</i>	14.3	4.0	2.2	34.1
<i>Sesbania sesban</i>	14.0	4.1	1.2	30.3
<i>Pseudospondias microcarpum</i>	11.6	5.1	2.3	17.4
<i>Ficus Wallis-choudæ</i>	11.6	5.3	0.0	17.4
<i>Mangifera indica</i>	11.2	3.4	3.5	44.3
<i>Ficus polita</i>	10.4	3.7	2.9	47.3
<i>Hoslundia oppositifolia</i>	10.2	1.0	4.8	98.3
<i>Anthostema senegalensis</i>	8.5	4.2	1.8	30.3
<i>Anthocleista procera</i>	8.1	3.5	8.7	41.1
<i>Ficus natalensis</i>	7.1	4.4	0.3	26.3

**Tableau 12 : Information de distribution (début, fin, groupement, hétérogénéité) des espèces méridionales**

Ainsi, de quarante-sept espèces liées à un ou plusieurs descripteurs continus, on est passé à trente-trois espèces probablement vulnérables présentant également une limite significative.

### 5.2.2.2. Le facteur topographique

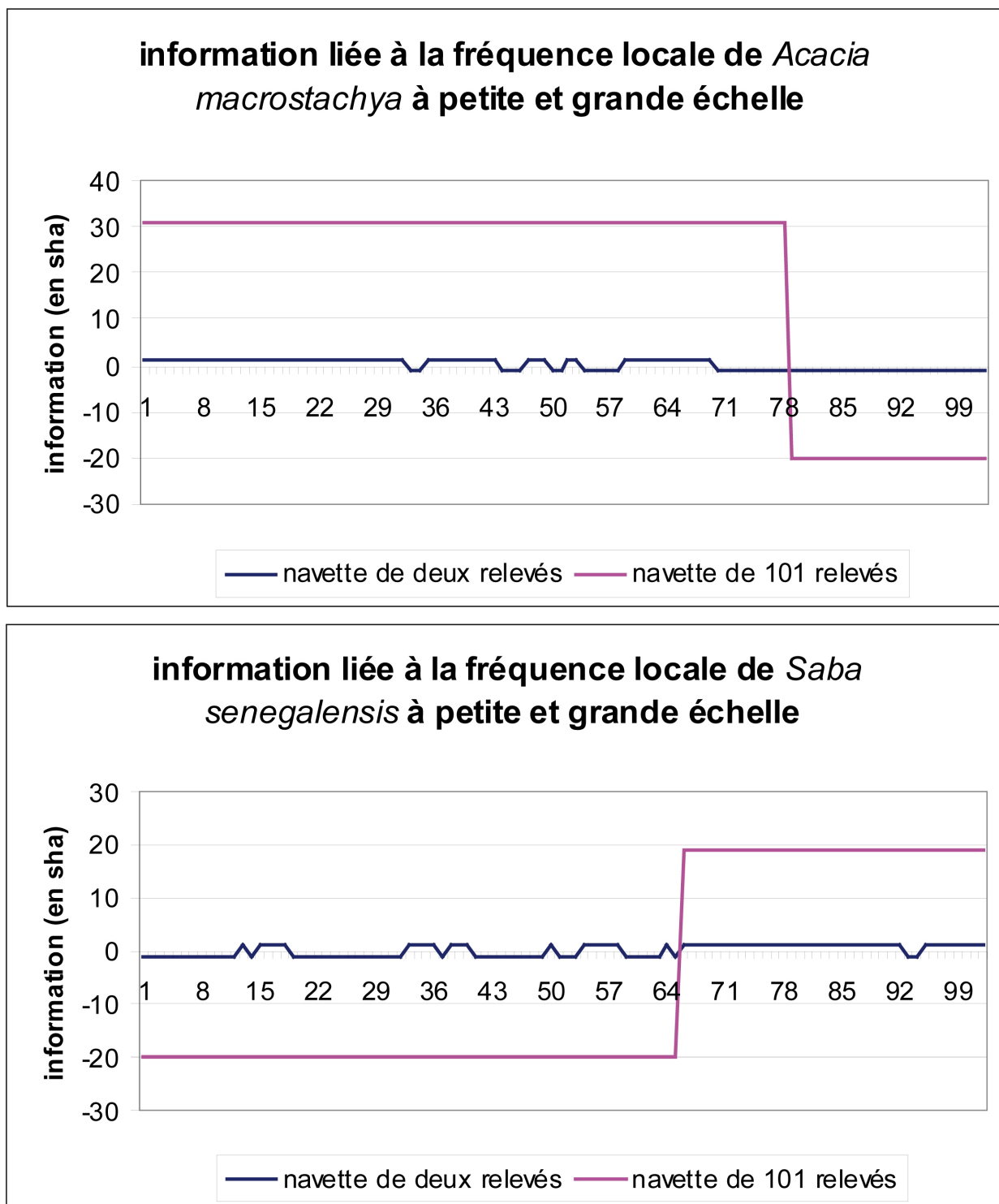
	Codes : non oui	
Profil d'ensemble :	87	15
<i>Albizia zygia</i>	++	--
<i>Combretum glutinosum</i>	+	-
<i>Lannea acida</i>	+	-
<i>Newbouldia lævis</i>	+	-
<i>Elæis guineensis</i>	---	+++
<i>Neocarya macrophylla</i>	---	+++
<i>Paullinia pinnata</i>	--	++
<i>Rauwolfia vomitoria</i>	--	++
<i>Saba senegalensis</i>	--	++
<i>Senna alata</i>	-	+
<i>Parinari excelsa</i>	-	+
<i>Macrosphyra longistyl.</i>	-	+
<i>Mitragyna inermis</i>	-	+
<i>Alchornea cordifolia</i>	-	+
<i>Andira inermis</i>	-	+
<i>Carapa procera</i>	-	+
<i>Celtis integrifolia</i>	-	+
<i>Dialium guineense</i>	-	+
<i>Erythrophleum suave.</i>	-	+
<i>Faidherbia albida</i>	-	+
<i>Ficus sur</i>	-	+

**Tableau 13 : liaison des espèces avec le descripteur bas-fonds**

Si trente-trois espèces semblent montrer une liaison au climat, il s'agit de tester si certaines d'entre elles sont également dépendantes de la topographie dans leur extension géographique latitudinale. En effet, on a vu plus haut que certaines espèces plutôt méridionales pouvaient être présentes sous un climat assez sec si elles trouvaient, grâce aux sols ou à la topographie, des ressources en eau suffisantes pour subvenir à leurs besoins. Il s'agit de prendre en compte ce facteur qui peut, dans un sens ou dans l'autre, jouer un rôle important pour l'évolution de la végétation. Pour cela, nous allons confronter les résultats des liaisons avec la pluviosité à ceux des liaisons avec la topographie.

Moins d'une espèce sur cinq est statistiquement liée à ces conditions topographiques.

Quatre espèces sont, à l'instar d'*Albizia zygia*, significativement peu fréquentes dans les bas-fonds (et les palmeraies qui y sont associées) tout en étant très fréquentes en interfluve. *Albizia zygia* est non seulement l'unique espèce pour laquelle cette liaison est significative mais elle ne connaît pas de liaison significative avec la pluviosité.

Figure 122 : Fréquence locale d'*Acacia macrostachya* et de *Saba senegalensis*

Dix-sept espèces sont, à l'instar de *Neocarya macrophylla*, significativement présentes dans les bas-fonds et plus présentes qu'en interfluves. Cependant seules cinq connaissent des liaisons significatives ou très significatives. Si l'on compare les liaisons des deux descripteurs, *Neocarya macrophylla*, *Rauwolfia vomitoria* et *Saba senegalensis* apparaissent comme plus liés à la topographie (et aux palmeraies qui y sont associées) qu'à la pluviosité alors qu'*Elæis guineensis* et *Paullinia pinnata* apparaissent comme autant liés à la topographie qu'à la pluviosité.

Le facteur topographique joue donc un faible rôle sur la distribution des espèces. Nous pouvons, à l'aide du test des pleins et des déliés, qui permet de comparer la fréquence locale sur une navette de petite taille et une de grande taille, préciser la distribution de ces espèces le long du transect et mieux comprendre le rôle de la topographie. L'examen de la fréquence locale de *Saba senegalensis* (figure 122b), à l'aide d'une navette de 101 relevés, nous donne une distribution nettement méridionale avec une fréquence locale faible jusqu'au relevé 64 et forte au-delà. La navette de deux relevés met en évidence sept secteurs de forte fréquence locale dans les relevés septentrionaux et un unique secteur de faible fréquence locale dans les relevés méridionaux dont le bas-fond et les topographies basses de part et d'autre du fleuve Gambie. *Combretum micranthum*, *Dialium guineense*, *Elæis guineensis*, *Hoslundia oppositifolia*, *Malacantha alnifolia* et *Neocarya macrophylla* présentent globalement la même structure spatiale : grande fréquence au sud, présence en zones de bas-fond au centre et absence au nord.

La navette de 101 relevés met en évidence une distribution septentrionale d'*Acacia macrostachya* avec des présences globalement fréquentes sur les 75 relevés septentrionaux et globalement peu fréquentes sur les 27 relevés méridionaux (figure 122a). La navette de deux relevés met en évidence une forte fréquence locale depuis le nord du transect jusqu'au relevé GN15, une fréquence variable au niveau de la partie centrale du transect et une faible fréquence à partir du relevé 68 (forêt des Narangs). Plus exactement, *Acacia macrostachya*, selon la navette de deux relevés, connaît quatre secteurs de faible fréquence locale dont les relevés GN15 et GN16 en bas fonds et/ou en palmeraies. En d'autres termes, *Acacia macrostachya* peut être présent au nord, tant dans les bas-fonds que sur les terres sèches. Au centre elle n'est présente que sur les terres sèches. Elle est absente du sud du transect.

Le facteur topographique, s'il joue en soi un faible rôle en n'étant très significatif que pour deux espèces, joue pourtant un certain rôle pour un plus grand nombre d'espèces, permettant de moduler le rôle de la pluviosité dans la distribution des espèces. En effet, la topographie crée des niches écologiques où les espèces peuvent se développer en dehors de la gamme latitudinale climatique où elle se développent quelques soient alors les conditions topographiques.

### 5.2.2.3. Le facteur paysager

Le descripteur paysager peut être considéré comme un condensé de facteurs micro-climatiques : lumière, température du sol, température des basses couches de l'air, ETR et fréquence des feux. Or, un grand nombre d'espèces présente une liaison significative avec au moins un type de paysage comme en témoigne le tableau 14.

Ainsi, l'analyse met en valeur 41 espèces présentant une liaison significative avec un type de paysage. Vingt-neuf d'entre elles ne présentent pas de liaisons significatives ou très significatives avec deux paysages très différents (tableau 14). De la même façon qu'une étude de la structure spatiale a permis d'effectuer une sélection au sein des espèces présentant une liaison avec la pluviosité, nous examinerons plus en détail les distributions de ces 41 espèces sur les cartes de l'occupation du sol, notamment les présences dans des types de paysages très différents de ceux avec lesquels l'espèce présente une forte liaison afin de tester celle-ci. Toutes les cartes de présence d'espèces le long du transect sont en annexe.



Codes :	forêt	jache	palme	palmo	savfo	savja	savmi	savou	savto
-----									
Vismia guineense	+++	.	.	.	.	.	.	.	.
Anthocleista procera	+++	.	+	+	.	.	.	-	.
Mangifera indica	+++	.	.	.	.	.	.	.	.
Anthostema senegalensis	++	.	.	.	.	.	.	.	.
Sesbania sesban	++	.	.	.	.	.	.	.	.
Psychotria psychotioide	++	.	.	.	.	.	.	-	.
Landolphia dulcis	++	.	.	.	.	.	.	-	.
Ficus sur	.	.	++	++	+	.	.	---	.
Diospyros mespiliformis	.	.	.	+++	.	.	.	.	.
Grewia bicolor	.	.	.	+++	.	.	.	.	.
Paullinia pinnata	.	.	.	+++	.	.	.	--	.
Ficus natalensis	.	.	.	++	.	.	.	.	.
Parinari excelsa	.	.	.	++	.	.	.	.	.
Senna alata	.	.	.	++	.	.	.	.	.
Albizia zygia	.	.	.	.	+++	.	.	.	.
Clerodendrum sinuatum	-	.	-	.	++	.	.	.	.
Lannea veluta	.	.	.	.	++	.	.	.	-
Markhamia tomentosa	.	.	.	.	++	.	+	.	.
Landolphia heudelotii	.	-	.	.	+	.	.	.	---
Smilax anceps	.	.	.	.	++	.	.	.	-
Combretum micranthum	.	--	.	.	.	.	.	++	-
Combretum tomentosum	.	.	.	.	.	.	.	++	-
Smeathmannia laevigata	.	.	.	.	.	.	.	+	---
Terminalia avicennoides	.	+	.	.	.	.	.	-	+++
Acacia macrostachya	.	.	.	.	.	.	-	.	+++
Terminalia laxiflora	.	.	.	.	.	.	.	--	++
Acacia sieberiana	.	.	.	.	.	.	.	-	++
Azadirachta indica	.	.	.	.	.	.	.	--	++
Mitragyna inermis	.	.	.	.	.	.	.	-	++
jache : jachères									
palme : palmeraies									
palmo : palmeraies ouvertes									
savfo : savanes forestières									
savja : mosaïque de savanes et de jachères									
savmi : mosaïque de savane de densités variables									
savou : savanes ouvertes									
savto : savanes très ouvertes									
- liaison négative peu significative									
-- liaison négative significative									
--- liaison négative très significative									
+ liaison positive peu significative									
++ liaison positive significative									
+++ liaison positive très significative									

Tableau 14 : Liaisons entre espèces et paysages

- *Acacia macrostachya*, *Acacia sieberiana*, *Azadirachta indica*, *Mitragyna inermis*, *Terminalia avicennnoides* et *Terminalia laxiflora* sont très significativement liés aux savanes très ouvertes mais leurs présences dans d'autres types de paysages ne permettent pas de les considérer comme des espèces indicatrices fiables. **Seuls *Acacia sieberiana* et *Terminalia laxiflora* présents dans des paysages très ouverts semblent plus liés aux savanes très ouvertes qu'à un climat donné.**
- *Combretum micranthum* et *Combretum tomentosum* présentent une liaison significative avec les savanes ouvertes. **Seul *Combretum tomentosum*, en ce qu'il est totalement absent des relevés de**

**jachères et de savanes très ouvertes autant que des relevés de palmeraies constitue un bon indicateur des savanes moyennes.**

- *Albizzia zygia*, *Clerodendrum sinuatum*, *Lannea veluta*, *Markhamia tomentosa* et *Smilax anceps* présentent une liaison très significative avec les secteurs de savanes forestières. Cependant, ce sont des espèces assez ubiquistes que l'on retrouve également dans d'autres types de paysages comme des jachères, des savanes très ouvertes et des palmeraies.
- *Diospyros mespiliformis*, *Paullinia pinnata*, *Grewia bicolor*, *Ficus natalensis*, *Parinari excelsa*, *Ficus sur* et *Senna alata* présentent des liaisons très significatives avec les palmeraies ouvertes. Seuls *Diospyros mespiliformis* et *Grewia bicolor* concentrent leurs deux présences au sein des mosaïques palmeraies savanes et pourraient être considérés comme des indicateurs, cependant rappelons que ce descripteur contient une forte adhérence avec une gramme de pluviosité de 1200 à 1250 mm.
- *Anthocleista procera*, *Mangifera indica*, *Vismia guineense*, *Anthostema senegalensis*, *Landolphia dulcis* et *Sesbania sesban* présentent des liaisons significatives avec la forêt. ***Vismia guineense*, avec ses deux présences dans deux des trois relevés forestiers, sera retenu comme espèce forestière stricte. *Anthocleista procera* et *Landolphia dulcis* sont restreints aux paysages à la canopée dense et seront considérés comme ombrophiles.**

#### Approche analytique, auto-écologique (5.2.2)

Le climat est de loin le principal facteur d'organisation de la flore. Sur les quarante-sept espèces présentant une liaison très significative avec une classe de pluviosité, trente trois montrent une limite très significative et peuvent être définies comme les plus susceptibles d'une fluctuation de leur répartition. La topographie, bien que statistiquement très peu significative, joue un rôle important dans les limites de distribution des espèces. Le croisement des liaisons avec la pluviosité et avec la topographie met en évidence des espèces liées aux bas-fonds et indépendantes du facteur pluviosité.

Les paysages jouent également un rôle important. Certaines espèces fuient les paysages ouverts ou ne sont présentes que dans des paysages fermés, d'autres espèces au contraire sont très fréquentes dans ces derniers et jamais dans les premiers. Cependant, au-delà de la distinction des paysages fermés à ombre et micro-climat forestier et des paysages ouverts ensoleillés et chauds, les liaisons ne semblent presque jamais pouvoir être considérées comme réellement liées à tel ou tel type de paysage.

Ainsi nous avons ainsi pu définir une liste d'espèces vulnérables aux fluctuations de la pluviosité : *Acacia macrostachya*, *Ficus ingens*, *Terminalia laxiflora*, *Acacia sieberiana*, *Anogeissus leiocarpus*, *Gardenia ternifolia*, *Pericopsis laxiflora*, *Combretum nigricans*, *Ziziphus mauritiana*, *Mitragyna inermis*, *Zantoxylum zanthoxyloides*, *Landolphia heudelotii*, *Strophantus sarmentosus*, *Salacia senegalensis*, *Smilax anceps*, *Ficus dicranostyla*, *Calicobolus heudelotii*, *Markhamia tomentosa*, *Ixora brachypoda*, *Lannea acida*, *Albizia adianthifolia*, *Psychotria psychotioides*, *Parinari curatellifolia*, *Sterculia setigera*, *Sesbania sesban*, *Pseudospondias microcarpum*, *Ficus wallis-choudæ*, *Ficus polita*, *Hoslundia oppositifolia*, *Anthostema senegalensis*, *Anthocleista procera*, *Ficus natalensis*.

Une liste d'espèces vulnérables à des modifications radicales des paysages est aussi constituée : *Acacia sieberiana*, *Terminalia laxiflora*, *Combretum tomentosa*, *Vismia guineense*, *Anthocleista procera*, *Landolphia dulcis*, *Diospyros mespiliformis*, *Grewia bicolor*, *Landolphia heudelotii*, *Holarrhena floribunda*, *Uvaria chamae*, *Smeathmannia lævigata*, *Vitex madiensis*.

Ces espèces devront par la suite être examinées avec plus d'attention lorsqu'elles seront retrouvées dans des coupes de végétation pour l'étude des changements.

### La flore, le gradient climatique et la mosaïque paysagère (5.2)

La flore s'organise spatialement, à l'échelle régionale, selon un continuum phytoclimatique composé pour grande partie de deux grands ensembles. Le premier, septentrional, s'étale sur plus de la moitié du transect où les espèces s'échelonnent progressivement. Les limites d'un certain nombre d'espèces peuvent cependant être reliées à des paysages ouverts dans lesquels elles se développent très préférentiellement. Le deuxième, méridional, occupe lui aussi plus de la moitié du transect. Un groupe d'espèces est étroitement lié aux relevés les plus méridionaux, au sud du fleuve, les autres espèces, globalement méridionales, sont présentes jusqu'aux bas-fonds gambiens, notamment ceux occupés par une palmeraie, qui marquent, pour un assez grand nombre d'espèces, la limite septentrionale de présence.

Ainsi, on voit que les espèces sont avant tout liées à la ressource en eau, avec une assez faible distinction entre l'eau accessible par un grand total pluviométrique et l'eau accessible par une capacité de rétention ou une nappe phréatique haute. Dans leur ensemble, les espèces sont peu liées aux paysages. Cependant, certaines d'entre elles sont bien liées statistiquement à des grands types de paysages, qu'ils soient densément boisés ou nettement ouverts.

## 5.3. Les rythmes biologiques : clé de compréhension de la liaison entre le climat et les paysages

La flore semble nettement plus liée au climat qu'aux paysages. Une autre dimension de la végétation est également étroitement liée au climat : il s'agit de l'activité végétale. Par exemple, on sait que la limite entre le caractère sempervirent et caducifolié de la végétation est liée à des seuils climatiques. Il semble donc pertinent de s'intéresser aux fluctuations de l'activité chlorophyllienne en liaison avec les fluctuations du climat. On l'a vu au chapitre 1, la sécheresse et ses conséquences sur la végétation sont considérées par de nombreux auteurs comme une forme importante de dégradation des paysages (Ndiaye, 1990 ; Michel, 1990). Il s'agit donc de tester les conséquences des fluctuations du climat sur la végétation. Pour cela, on cherchera à mettre en relation les fluctuations du NDVI et les fluctuations de la pluviosité et de déterminer les processus biophysiques qui provoquent cette fluctuation : accommodation annuelle des individus, transformation botanique ou modification de l'occupation du sol. La démarche adoptée, consistant à se référer avec le plus de précision possible à l'état actuel avant de sonder les états passés, est ici aussi appliquée. Nous chercherons à comprendre le rythme annuel de la végétation de cette frange littorale ouest-africaine en distinguant notamment divers rythmes correspondant à diverses formes de végétation (5.3.1) et à voir s'il y a concordance entre ces rythmes annuels et la végétation correspondante (5.3.2).

### 5.3.1. Variation annuelle du NDVI et rythmes climatiques

Un premier examen sera fait de deux séries bihebdomadaires de NDVI sur quelques années les plus récentes. On y étudiera le rythme annuel de l'activité chlorophyllienne (5.3.1.1), comment ce rythme est lié avec la saison des pluies (5.3.1.2) et comment la variabilité des saisons des pluies est en rapport avec à une variabilité des saisons d'activité chlorophyllienne (5.3.1.3).



## 5.3.1.1. Les étapes clés de la saison d'activité végétale

	Régions septentrionales	Régions méridionales
<b>Fin janvier 2005</b>	Activité assez faible, localement très faible	Activité moyenne à forte
<b>Début février</b>	Les zones d'activité faible sont plus étendues	Activité forte réduite à un ou deux secteurs
<b>Fin février</b>	Activité faible pour tout l'intérieur, léger maintien sur le littoral	Activité assez faible à assez forte
<b>Fin mars</b>	Activité assez faible générale	Minimum annuel d'extension des zones d'activité assez forte
<b>Début avril</b>	Idem	Idem
<b>Fin avril</b>	Idem	Idem
<b>Début mai</b>	Localement activité faible	Légère extension des secteurs d'activité assez forte
<b>Fin mai</b>	Toute la rive nord de la Gambie (hors delta) en activité faible	Quelques pôles d'activité forte apparaissent
<b>Début juin</b>	Idem	Secteurs de forte activité en extension (même au nord du fleuve Casamance)
<b>Fin juin</b>	Quelques secteurs de très faible activité	Extension toujours plus grande, pôle de très grande activité à l'extrême sud est.
<b>Début juillet</b>	Secteurs d'activité moyenne, secteurs d'activité assez forte	Activité forte à très forte recouvrant plus de la moitié des espaces
<b>Fin juillet</b>	Activité assez forte omniprésente	Activité très forte omniprésente (hors mangroves)
<b>Début août</b>	Activité très forte jusqu'au fleuve Gambie, plus quelques pôles.	Activité plus forte dans le Fogny et le Kombo que plus au sud.
<b>Fin août</b>	Assez grande extension autour des pôles de forte activité	Idem
<b>Début septembre</b>	Activité maximale dans tout le Bas-Saloum continental	Idem
<b>Fin septembre</b>	Activité maximale partout sauf dans le Sine	Activité maximale partout sauf pour les mangroves
<b>Début octobre</b>	Rétraction jusqu'à la frontière nord gambienne	Idem
<b>Fin octobre</b>	Rétraction jusqu'au fleuve Gambie	Idem
<b>Début novembre</b>	Idem	Diminution globale de l'activité dans l'ensemble de la région
<b>Début Janvier 2006</b>	Globalement moyen (faible vers l'amont gambien)	Globalement assez fort, moyen pour les mangroves, fort à très fort autour de la Casamance.

Tableau 15 : les étapes clés du rythme biologique

Durant la saison sèche, l'activité diminue dans les formations végétales méridionales, jusqu'à atteindre leur minimum dans quelques secteurs les plus sempervirents dans le Kassa, et la région de Canchungo (tableau 15 ; figure 123). Le nord est stable depuis plusieurs semaines avec une activité végétale assez faible. Les mangroves sont d'activité végétale moyenne dans l'ensemble de la zone. Fin juin, la végétation du nord, qui semblait avoir atteint son seuil de dormance, réduit encore plus son activité végétale juste avant la saison des pluies. C'est en revanche le sud qui atteint son minimum d'activité de saison sèche.

Juste après, au début juillet, l'activité croît depuis le sud-est sous la forme de pôles de végétation précoce, qui vont s'étendre progressivement jusqu'à former un ensemble continu. Au nord, de même, l'activité croît, de façon cependant beaucoup plus modeste, et seulement dans certaines régions. Fin août, tout le sud, à l'exception des mangroves, est en activité maximale, l'activité dans les régions soudaniennes

entre Casamance et Gambie (Fogny, Kombo) étant même supérieure à celle des régions les plus méridionales. Le nord connaît, lui aussi, une augmentation par pôles d'activité plus précoce. Parmi eux, on reconnaît les palmeraies du Niumi et les forêts classées du Bas-Saloum continental.

Après ce maximum, l'activité maximale s'homogénéise sur l'ensemble de la zone pour décroître progressivement depuis un front d'axe est-ouest et de direction nord-sud. Fin novembre, il a atteint le Fleuve Gambie. L'activité va décroître jusqu'à mettre en valeur les pôles de végétation sempervirente évoqués en commentaire de l'image de la fin mars.

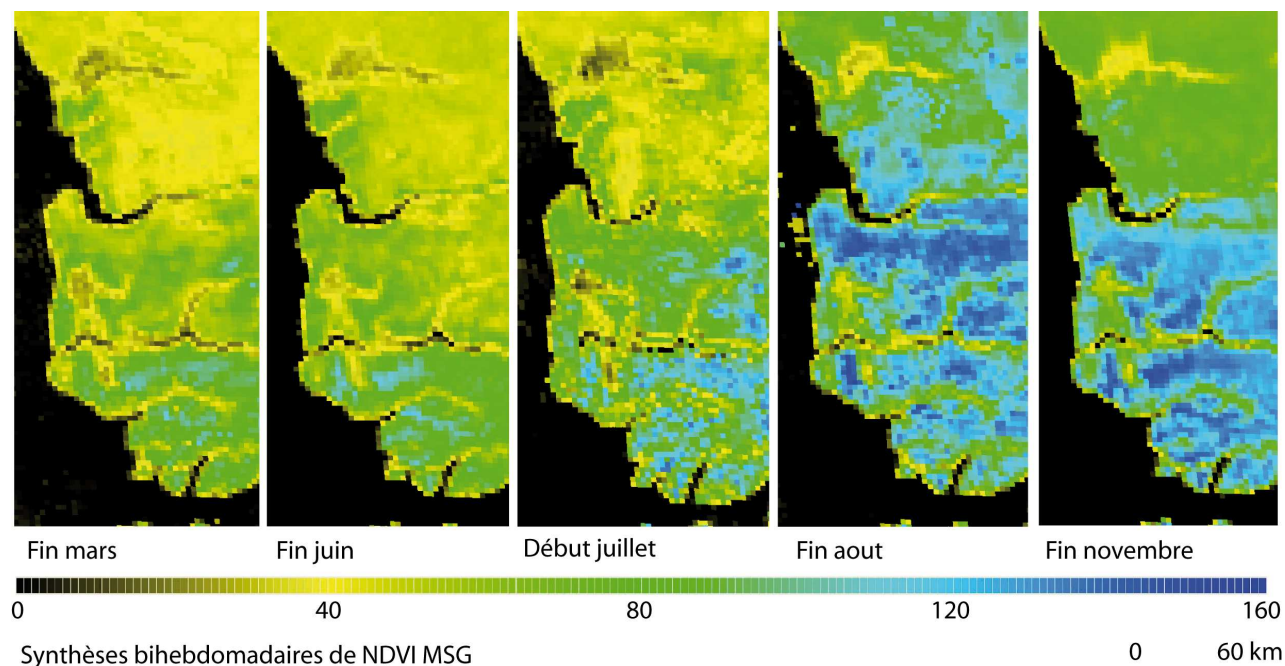


Figure 123 : Dates clés de la saison d'activité chlorophyllienne

### 5.3.1.2. Modalités de réponse du NDVI à la pluie

Selon quelles modalités le NDVI est-il une réaction à la pluviosité ? La corrélation entre l'ensemble des valeurs de NDVI mensuelles et les pluviosités ré-estimées est de 0,68 ce qui, sur deux séries de données aussi longues avec un lien supposé fort, est assez peu significatif. Cependant, la corrélation décalée entre la série de pluviosité de janvier 1982 à novembre 2000 et la série de NDVI un mois plus tard, de février 1982 à décembre 2000, est de 0,82. Cette corrélation, en revanche est significative. Le NDVI présente donc un décalage avec la pluviométrie. **Ceci signifierait que la végétation posséderait un temps d'inertie de plus ou moins un mois entre l'arrivée des premières pluies et le plus grand développement foliaire.**

Cependant, si le décalage apparaissant est ici d'un mois, il s'agit de garder en mémoire que les données sont mensuelles et que seules des données de plus haute répétitivité pourraient calculer des corrélations simultanées, comme, décalées de 10 jours, 20 jours et 30 jours pour préciser le décalage.

Un examen des deux dernières années de la base de données montre, avec plus de précision, le type de réactions. La mise en relation de la pluviométrie et de l'activité chlorophyllienne montre qu'en 1999, la saison des pluies a débuté assez brusquement en juin avec un maximum en juillet, une légère décroissance en août, une pluviosité assez mauvaise en septembre, légèrement meilleure en octobre et quasi nulle dès novembre (figure 124).

En juillet, la saison d'activité chlorophyllienne débute assez brusquement, la courbe de l'activité végétale suit avec un mois de décalage la courbe des pluies. Cependant, l'activité, toujours croissante, ralentit peu à peu, ce qui donne l'image d'une végétation qui termine son développement foliaire et atteint progressivement l'optimum de sa saison d'activité.

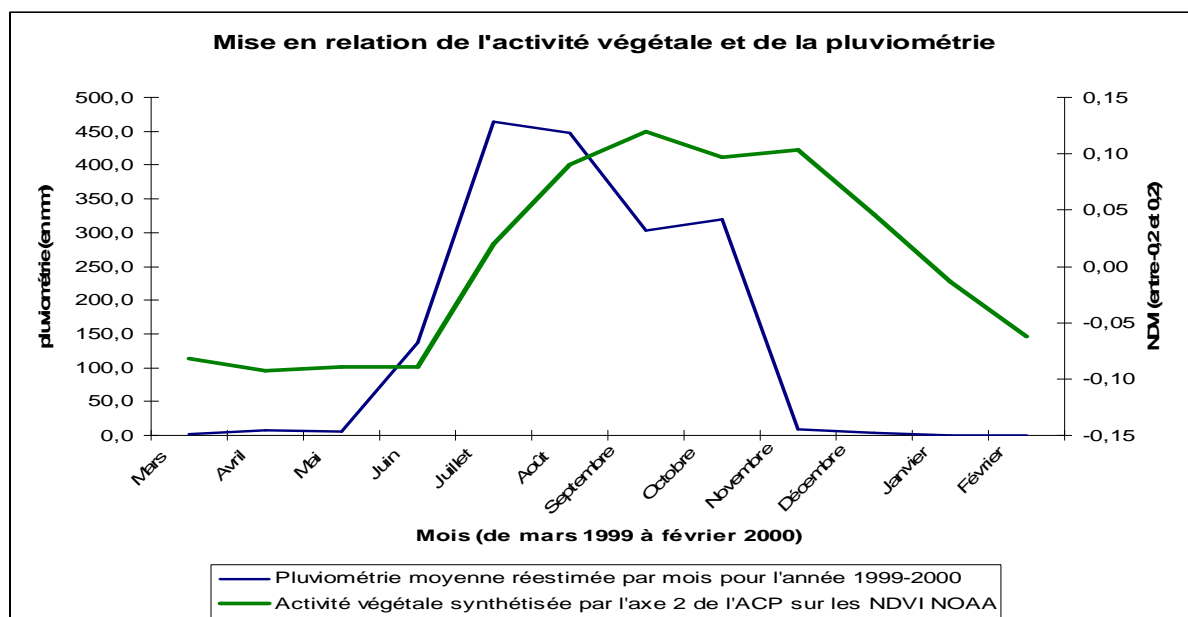


Figure 124 : Activité chlorophyllienne et saison des pluies en 1999

La faible baisse de pluviosité entre juillet et août ne semble donc pas être enregistrée par la végétation. Ensuite, la pluie connaît un pic négatif en septembre et une reprise assez nette en octobre précédant la diminution rapide. Là encore, la courbe de l'activité chlorophyllienne suit d'assez près les fluctuations de la pluviosité puisque le pic négatif se retrouve avec un mois de décalage. La différence entre les deux courbes est que la diminution de novembre à février est lente.

L'hivernage précédent, en 1998, s'est déroulé selon des modalités très différentes (figure 125). La pluie a débuté assez progressivement en juin, puis en juillet, s'est accélérée en août et a décliné assez vite dès septembre pour être quasi-nulle dès novembre. Le début timide de la saison des pluies en juin n'a pas été ressenti par la végétation qui n'a débuté sa saison d'activité chlorophyllienne qu'en août. D'août à septembre, la courbe s'est accélérée pour ralentir au troisième mois, à l'instar de l'hivernage 1999, avec en suite une décroissance assez progressive.

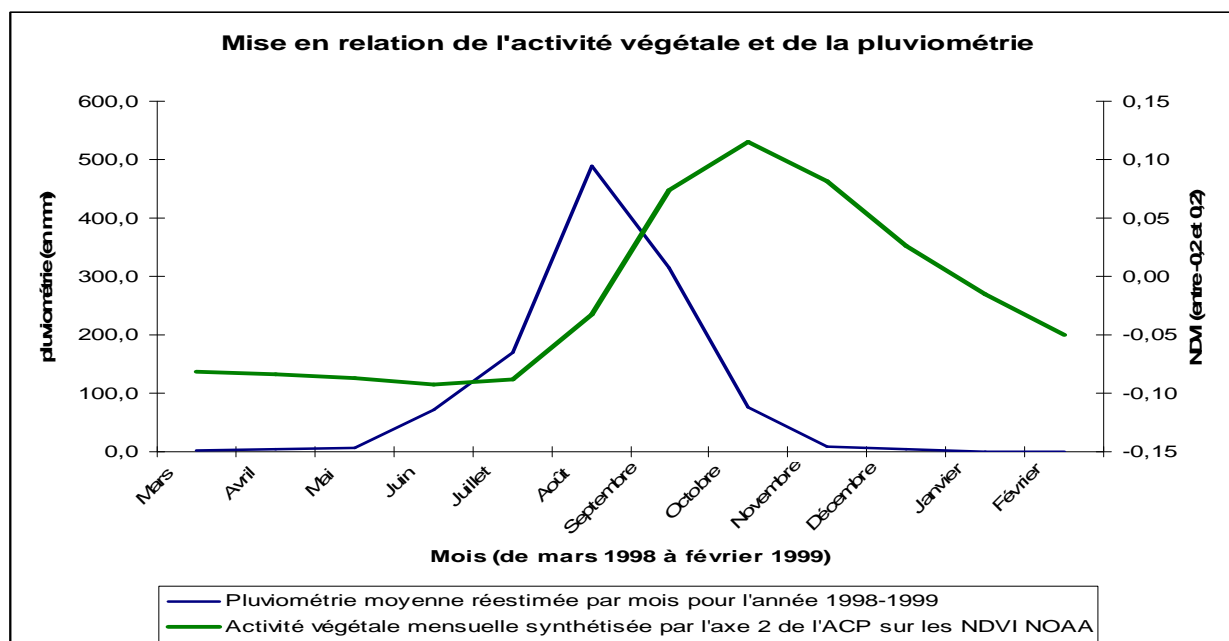


Figure 125 : Activité chlorophyllienne et saison des pluies en 1998



**Il apparaît donc que les réactions de la végétation à la pluviosité sont assez fortes, avec un mois de décalage. Cependant, cette réaction n'est pas identique d'une saison à l'autre et certains seuils semblent conditionner les réactions.**

### 5.3.1.3. NDVI MSG et la détection des rythmes bioclimatiques

Les synthèses bihebdomadaires de NDVI MSG (Lacaze et Bergès, 2005) sont ici exploitées pour une étude des rythmes biologiques au début des années 2000, ceci afin d'établir un état de référence au temps présent, le mieux renseigné possible, auquel seront confrontées les analyses temporelles. Le but est de connaître les différents rythmes bioclimatiques de la région, et de savoir ainsi quelles végétations se différencient par leur activité chlorophyllienne saisonnière. Connaître les rythmes biologiques est une nécessité pour en étudier les fluctuations. Or, pour aborder un grand volume de données, on emploie une classification non dirigée (Kmeans) sur les 37 synthèses, de sorte à cartographier des zones dont les rythmes sont significativement proches. Les pixels sont ici classés en fonction de leurs valeurs de NDVI pour les 37 synthèses. Une fois la classification effectuée, il est possible de retracer les courbes de la moyenne de la classe dans l'ordre chronologique et de définir les rythmes biologiques de ces classes automatiques (Figure 127).

La classe 1, en jaune pâle sur la carte et le graphique et présente dans le nord de la zone d'étude, est caractérisée par un NDVI très faible (50 à 60) en saison sèche, qui croît rapidement au début du mois de juillet, un NDVI assez fort en saison des pluies (100 à 110) et une décroissance régulière du NDVI à partir du début du mois d'octobre. **Il s'agit d'un profil agricole et septentrional** comme le démontrent le départ tardif et le NDVI moyen en pleine saison des pluies.

La classe 2, en jaune vif, est caractérisée par des valeurs de NDVI à peine supérieures pendant la saison sèche et un pic début juin avant la forte croissance de l'indice qui s'élève au maximum autour de 120. La décroissance du NDVI se fait en deux temps : une décroissance rapide dans un premier temps et qui ralentit début novembre. **Cette courbe est caractéristique des savanes septentrionales** par trois indices : le pic d'activité du début juin correspond probablement aux espèces arborées qui « anticipent » l'arrivée des pluies, le NDVI fort en saison des pluies caractérise un boisement dense et la décroissance du NDVI à la fin de la saison des pluies correspond probablement à la sénescence du tapis herbacé.

La classe 3 est caractérisée par un NDVI faible toute l'année (20 à 50). **Elle correspond aux tannes.**

La classe 4 est caractérisée par un NDVI moyen pendant la saison sèche (55 à 70), une croissance du NDVI dès fin juin en une pente faible jusqu'à une valeur peu élevée (80 à 90), suivie par une décroissance très faible. **Ce rythme biologique est celui de la mangrove.**

La classe 5 correspond à un NDVI assez fort et régulier en saison sèche, de février à fin juin. Entre la fin juin et la fin juillet, le NDVI s'élève de 80 jusqu'entre 100 et 120. La décroissance est très lente et le NDVI n'atteint sa valeur minimale qu'à la fin du mois de février. Ce profil est caractéristique de la zone méridionale avec un NDVI très fort, notamment en saison sèche. Cette classe regroupe les rythmes biologiques de la végétation qui peuvent être ceux d'une zone agricole ou de boisements ouverts si l'on se réfère au comportement du NDVI très stable en fin de saison sèche jusqu'à une augmentation subite. **Il s'agit probablement de mosaïques de zones agricoles (incluant les rizières de mangroves) et des agroforêts les plus ouvertes, à proximité des vasières.**

La classe 6 est assez proche de la classe 5, avec des valeurs de NDVI très élevées toute l'année, signalant ici une végétation plus dense. Les pics d'activité fin avril et fin juin, particulièrement bien visibles en 2006, correspondent probablement à des anticipations de la saison des pluies par certains arbres. **Il s'agit des formations denses, sempervirentes méridionales, probablement essentiellement des palmeraies.** Ce qui est également intéressant est de confirmer l'hypothèse que toutes les végétations de la région sont marquées par le stress hydrique de la saison sèche. Aucune végétation totalement sempervirente n'est donc présente ici.

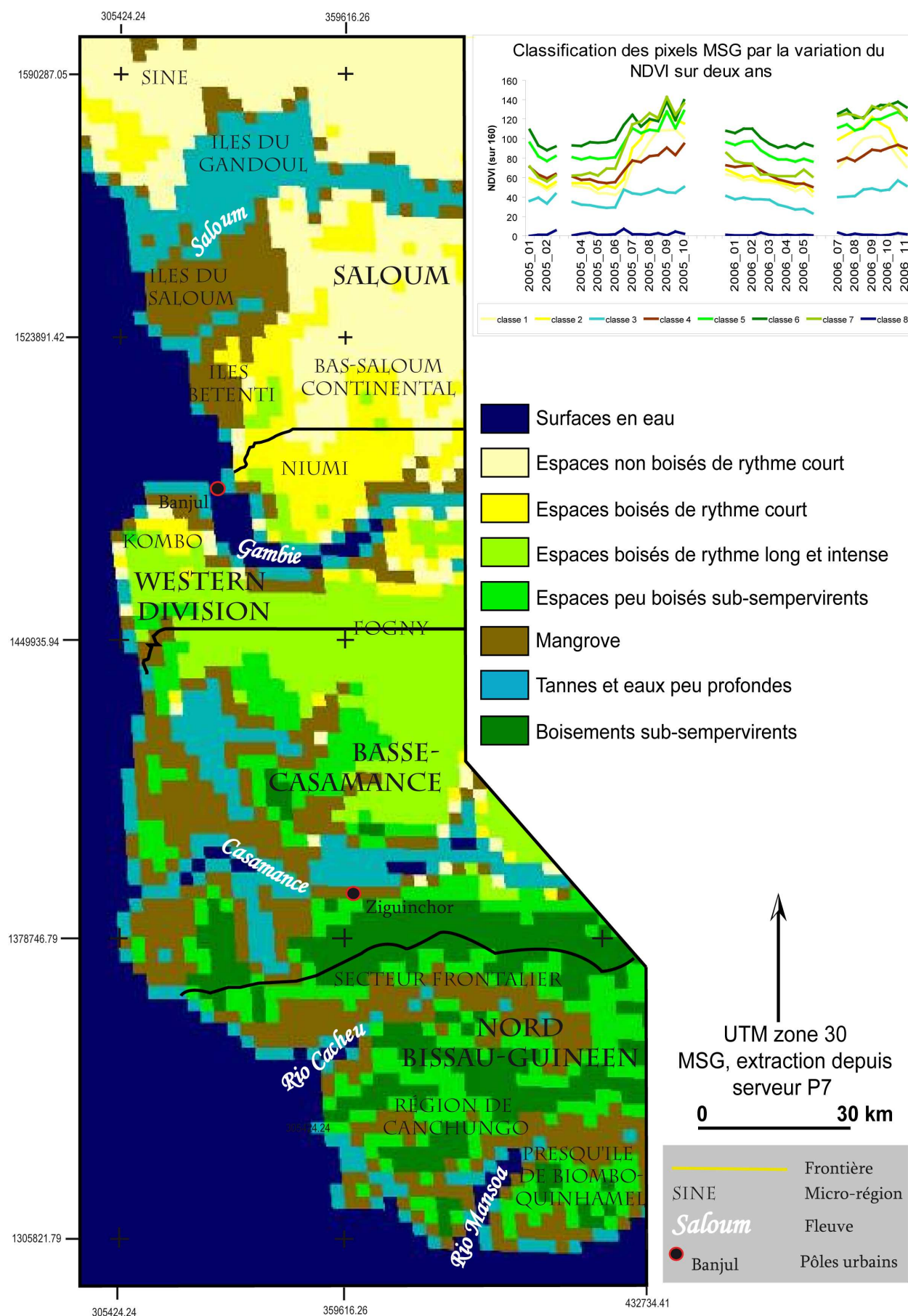


Figure 126 : Carte des rythmes biologiques au début des années 2000 (Classification d'images NDVI MSG)

La classe 7 présente un NDVI moyen (de 60 à 70) en saison sèche. Elle présente un léger pic d'activité fin avril, puis un pic élevé fin juin, après quoi le NDVI s'élève très rapidement jusqu'à des valeurs égales ou supérieures aux valeurs de la classe 6. L'activité chlorophyllienne décroît ensuite assez régulièrement. **Il s'agit donc de formations boisées denses, essentiellement décidues : des savanes denses et forestières.**

**La huitième classe correspondant à un NDVI proche de 0 toute l'année correspond à l'eau.**

La figure 128 présente un très grand intérêt. En effet, elle met en évidence des ensembles spatiaux au sein desquels on peut replacer des informations précises rapidement synthétisées par les courbes. On y retrouve les grands ensembles latitudinaux auxquels on aurait envie de redonner les noms de soudano-sahélien, soudanien et soudano-guinéen... Cependant, la carte est loin de n'offrir au biogéographe qu'une zonation latitudinale. En effet, là où les phénomènes sont plus complexes et où des ensembles de rythme différent se côtoient, ceux-ci sont cartographiés. C'est notamment le cas de la distinction entre les classes 1 et 2 et entre les classes 5 et 6. Ces différences assez subtiles des courbes ne témoignent pas seulement de zones bioclimatiques latitudinales mitoyennes. Il s'agit donc probablement de deux faciès où la végétation diffère sous un climat sensiblement identique. Ceci nous conforte dans le fait de poursuivre l'analyse des fluctuations du NDVI pour la compréhension de la part du climat dans les modifications récentes des paysages. En effet, puisque les rythmes sont si clairement différenciés et contrastés, leurs fluctuations sont dignes d'intérêt et pourraient signaler une modification réelle de la végétation. Ces informations seront donc examinées dans une dimension temporelle pour savoir quels changements ont connus ces rythmes annuels.

La fusion de l'image MSG avec une image LANDSAT (Mering *et al.*, 2007) apporte ici une grande quantité d'information (figure 128). Un certain nombre d'éléments de l'occupation du sol se retrouvent assez finement cartographiés lorsqu'une correspondance a été retrouvée entre une tache sur l'image LANDSAT et un pixel ou un groupe de pixels MSG.

Premièrement, les mangroves et les chenaux sont nettement mieux cartographiés. Ensuite, un certain nombre de correspondances ont pu être établies et cartographiées avec précision entre les forêts classées du Bas-Saloum et certains pixels ou groupes de pixels qui, sur les synthèses de NDVI, se différencient de leur entourage. Ainsi, la fusion permet de voir que les forêts classées entre Kaolack et Sokone ont un rythme propre : celui des savanes au rythme le plus court, lequel se distingue du rythme des zones agricoles. De la même façon, la forêt classée de Fathala, la partie sud de la forêt classée de Sangako et la partie nord-est de la forêt de Patako sont cartographiées comme des savanes à rythme assez long, avec un pic d'activité en mai et très une forte activité en août. Il en va de même pour l'ensemble des palmeraies de la partie sud du Niumi.

Le recours à la fusion d'images permet de cartographier avec précision la limite entre les zones densément boisées les secteurs de boisement ouverts en rive sud de la Casamance. Ainsi, les rives de la Casamance, le secteur entre la route de Sao-Domingos à Sao-Vicente et le Rio Cacheu, le secteur de Canchungo et la presqu'île de Biombo-Qunhamel apparaissent comme les principales régions de paysages agroforestiers sempervirents ouverts. La zone frontalière et l'est de Canchungo apparaissent comme des paysages densément boisés et sub-sempervirents.



## Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud

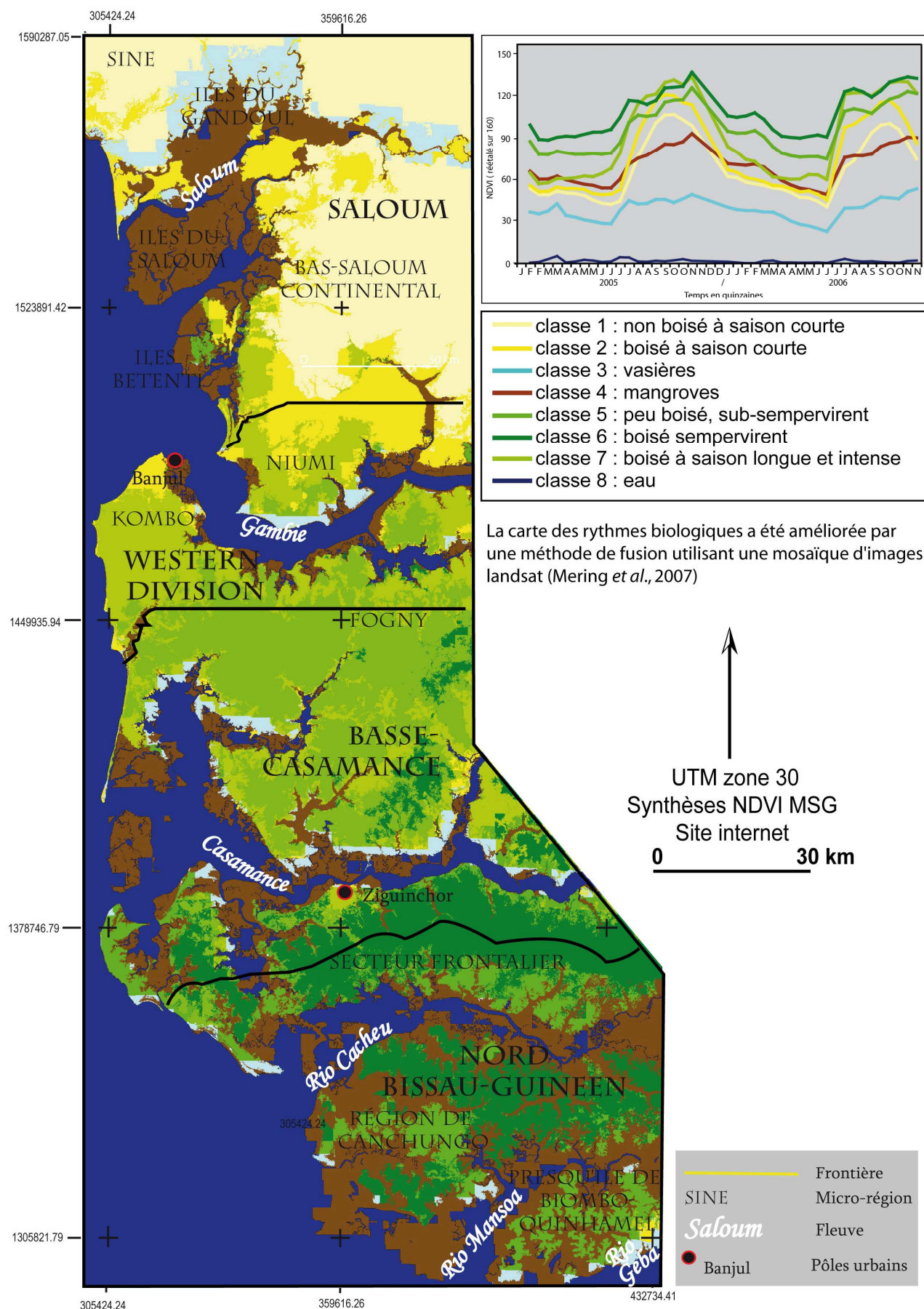


Figure 127 : Carte des rythmes biologiques au début des années 2000 améliorée (fusion MSG et ETM+)

### Variation annuelle du NDVI et rythmes climatiques (5.3.1)

La carte des rythmes d'activité chlorophyllienne montre une bonne différenciation des formations végétales. Des régions apparaissent contrastées au regard de leur rythme annuel de l'activité végétative. Il apparaît donc intéressant d'examiner plus précisément ces différenciations spatiales du rythme saisonnier.

Quant à la confrontation de la variation mensuelle du NDVI et des précipitations, elle a montré un décalage d'à peu près un mois entre les variations de la pluviosité et celle de l'activité végétale. Elle a aussi montré que toutes les variations de la pluviosité n'influent pas de la même manière sur la végétation. Un examen des rapports entre les deux séries de données devra donc être effectué pour une interprétation plus fine des relations temporelles entre elles.

La classification permet une description assez précise des variations spatio-temporelles de l'activité chlorophyllienne. Elle a permis de distinguer un certain nombre de types de végétation en fonction de leur rythme annuel d'activité chlorophyllienne. On a pu ainsi différencier les mangroves de la végétation de terre ferme, on a également pu distinguer un certain nombre de niveaux entre des végétations quasi sempervirentes jusqu'à des végétations de courte saison d'activité chlorophyllienne.

## 5.3.2. Croisement de la carte des bioclimats et de la carte des formations végétales

On a vu que les rythmes se distinguent bien à l'échelle régionale et que l'on peut désormais s'appuyer sur l'hypothèse que ces rythmes ont varié dans le temps et qu'un certain nombre de changements peuvent être détectés par le biais du NDVI. Cependant, il reste nécessaire de déterminer le lien entre le rythme biologique et les différentes caractéristiques de la végétation, telles que sa composition botanique, sa structure horizontale et verticale. Cet exercice est nécessaire à une explication des fluctuations des rythmes de l'activité chlorophyllienne. Cette question ne se pose pas en ce qui concerne la mangrove car un unique rythme y a été détecté. En revanche, il s'agit de savoir ce qui différencie les rythmes que l'on a détectés en terre ferme. Pour cela, la carte des rythmes bioclimatiques a été croisée à la carte des formations végétales boisées de terre ferme pour achever la description de l'état, au temps présent, des rythmes biologiques. La carte sera analysée tout d'abord à l'échelle macro-régionale (5.3.2.1), puis à l'échelle micro-régionale pour effectuer plus précisément un examen de ce qui apparaît comme des discordances entre rythme et physionomie (5.3.2.2).

### 5.3.2.1. Analyse de la carte à l'échelle macro-régionale

Sur la figure 129, où l'on a croisé les cartes des rythmes biologiques et de l'occupation du sol (réf autres cartes), on perçoit tout d'abord la zonation bioclimatique. On retrouve, outre un rythme propre aux espaces agricoles dans le bassin arachidier, la succession des trois zones définies par le rythme biologique de la végétation : des savanes à saisons courtes, des savanes à saisons longues et des végétations sub-sempervirentes.

L'extrême nord et le nord-est de la zone sont caractérisés par deux rythmes. Le premier, le rythme biologique des zones agricoles, englobe dans ses pixels de 3 km de côté un certain nombre de petites zones boisées, qui apparaissent ici en cyan sur la carte. Le second rythme, propre à des espaces boisés à saison courte, englobe au contraire, un certain nombre de zones agricoles de petite taille.

Le croisement avec la carte d'occupation du sol permet d'extraire les zones non boisées et de mettre en évidence, en cyan sur la carte, les zones boisées englobées dans un pixel de rythme non boisé. Une moitié est constituée de végétation très ouverte, et les deux quarts manquants de végétations ouvertes et denses.

Le second rythme se retrouve au sein de taches de boisements de plus grande taille où une végétation boisée est détectée par MSG sur plusieurs pixels continus. Ces taches, correspondant pour une grande partie aux forêts classées, sont pour moitié très ouvertes et pour moitié ouvertes ou denses. Les

secteurs les plus denses sont au sud. On voit donc que le rythme biologique est ici distinct de la physionomie et que des boisements de densité assez variable présentent un même rythme biologique.

Plus au sud, dans la moitié méridionale du Bas-Saloum, apparaissent ici aussi, sous forme de boisements de superficies moyennes dans les forêts classées, des secteurs dont le rythme est tout aussi contrasté mais où l'activité est plus intense sur une saison plus longue. Ils sont présents dans une moitié de la forêt classée de Fathala, au sud de Sangako et dans une partie de la forêt classée de Patako, ainsi que sous forme de taches de petite taille dans le Niumi. Ces faciès constituent donc des végétations suffisamment différentes de celles plus au nord pour qu'elles présentent un rythme biologique à ce point différent. Si le passage d'une végétation ouverte à très ouverte ne se lit pas sur le rythme biologique dans le nord, il est possible que certains changements puissent transformer une savane à rythme long en une savane à rythme court.

Les boisements de savane à longue saison d'activité sont ensuite constitués d'une très grande matrice continue dans le Fogny et de grandes taches dans l'est et le sud de la Casamance, d'une matrice subcontinue dans le Kombo et de quelques petites taches le long des chenaux à mangrove en Casamance. Ils constituent la majeure partie de la zone puisqu'ils occupent 36 % de la terre ferme. Ces boisements sont constitués de 15 % de boisements très ouverts, 26 % de boisements ouverts, 7 % de boisements denses et 1 % de boisements très denses. La transition avec les régions de rythme sub-sempervirent s'effectue elle aussi par le biais de quelques présences isolées vers le nord du secteur méridional. Les boisements sub-sempervirents sont importants eux aussi puisqu'ils constituent 26 % de la terre ferme. On les retrouve dans l'est et le sud-est casamançais avec éventuellement un effet de discontinuité accentué par la mosaïque d'images LANDSAT. 8 % sont très ouverts, 10 % sont ouverts, 3 % sont denses et 5 % sont très denses.

### 5.3.2.2. Lecture micro-régionale des secteurs de transition

La Gambie est entièrement incluse dans le rythme contrasté à saison longue, de même que le Nord bissau-guinéen est entièrement inclus dans la végétation sempervirente. Nous allons examiner les deux régions de transitions : celle entre végétations à saison courte et végétations à saisons longues dans le Saloum et celle entre végétations caducifoliées et végétations sub-sempervirentes en Casamance.

#### *Le Saloum*

Le Saloum (figure 130), conformément à la lecture globale de la carte (figure 129), est largement dominé par les paysages non boisés : les sols nus et les espaces faiblement végétalisés ne connaissent pas de structure très marquée, montrant bien qu'il s'agit d'un système parcellaire et que cette distinction est temporaire et dépend des dernières cultures qui s'y sont développées. On voit ensuite trois types de boisements :

- Les boisements discontinus et diffus du Sine connaissent une répartition des faciès très ouverts, ouverts et denses sous forme d'une hétérogénéité de très grande échelle.
- Les forêts classées, aux contours particulièrement géométriques liés à la juxtaposition de ces boisements parfois denses avec les zones agricoles non boisées, sont de rythme sahélo-soudanien pour celles les plus au nord et au sud-est (à l'exception de la partie nord-est de la forêt classée de Patako). La moitié sud de Sangako, Fathala, les agroforêts des villages entre les deux forêts classées, ainsi que le sud de l'île de Bossinkang, montrent une longue saison d'activité végétale.
- Les secteurs denses sont le nord de la forêt classée de Vélor, le sud de la forêt classée de Sangako, le centre et le sud de la forêt classée de Fathala et le centre de la forêt classée de Patako. La discordance entre physionomie et rythme est remarquable ici, les deux dimensions s'agencant très différemment dans l'espace.



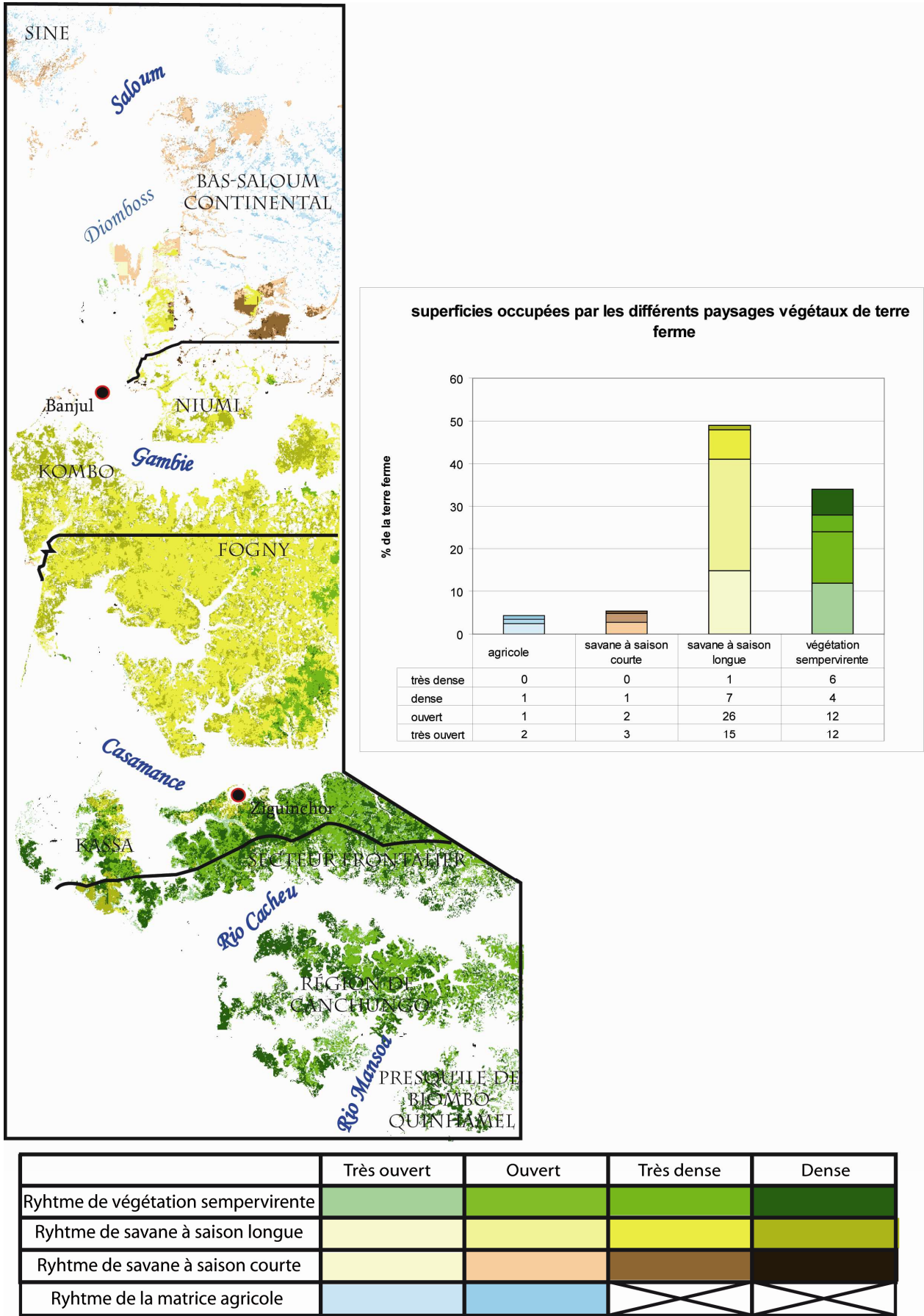


Figure 128 : Croisement de la carte des rythmes biologiques avec celle des densités de boisements de terre ferme

Ainsi, ce n'est pas la différence de physionomie, du moins pas selon une telle typologie, qui explique les faciès phénologiques que l'on a distingués. Or, ces distinctions ont pu être observées sur le terrain. Assez précisément, pour la forêt classée de Sangako, une distinction apparaît entre les secteurs de savane forestière au sud-est et les secteurs de savane ouverte dégradée au nord-ouest. Rappelons que la différence, loin de ne résider que dans le taux de couverture du sol, comprend aussi le nombre de strates et la composition botanique. Concernant la forêt classée de Koular, ce site est bien une savane très dense en pleine densification avec un assez grand nombre de palmiers (figure 131a) et qui constitue le secteur à saison longue en opposition à des formations plus ouvertes, à strate ligneuse unique, dont le palmier est absent. La différence réside donc, dans les deux cas, dans le nombre de strates et/ou dans la composition floristique, ce qui, pour être démontré, justifierait des analyses de terrain plus complexes.

### *Basse-Casamance*

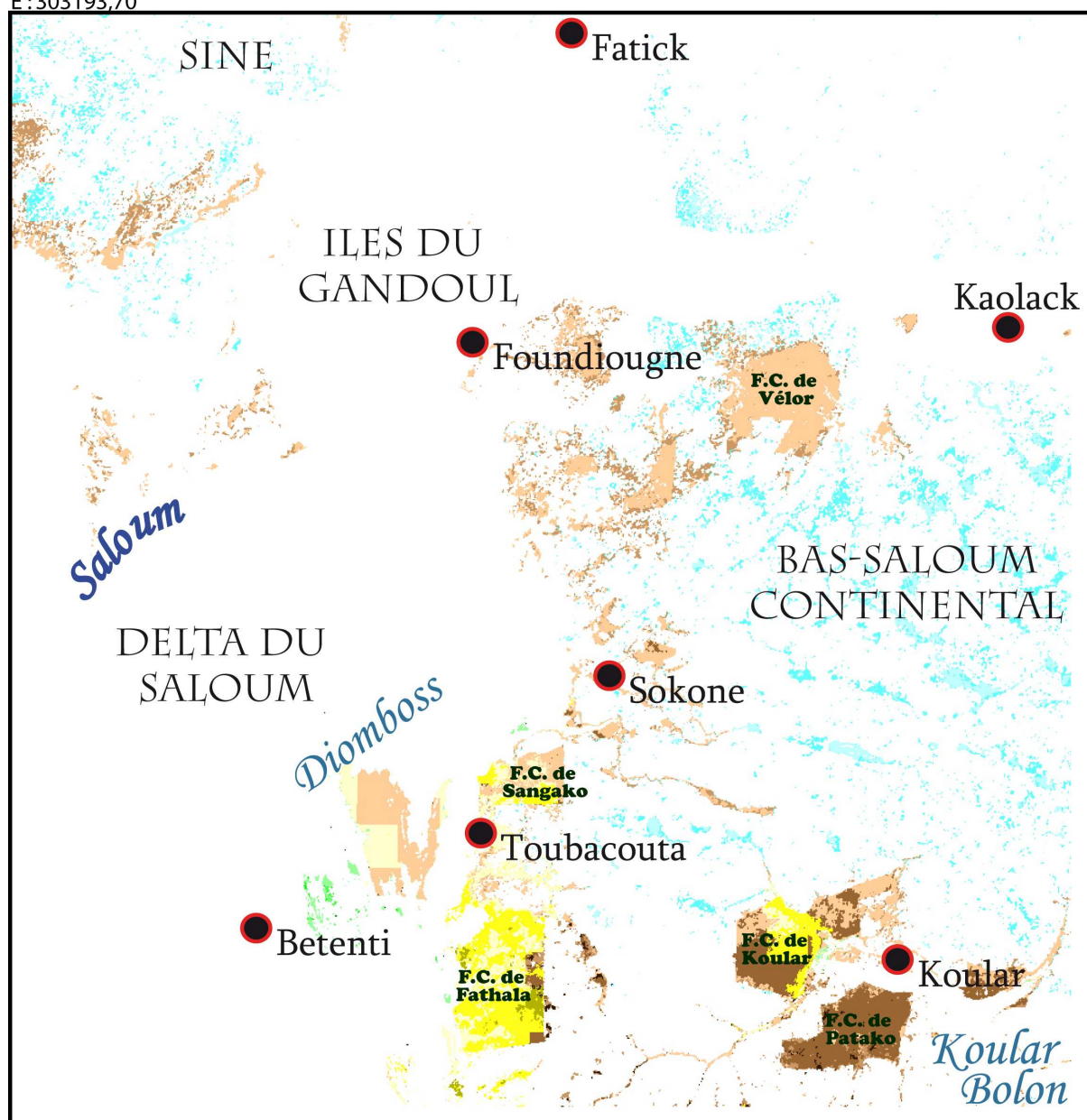
Les sols nus en Basse-Casamance sont localisés dans et au voisinage des deux villes les plus importantes : Ziguinchor et Bignona, ainsi que sur les dunes sableuses de l'extrême sud-ouest (figure 132). Ces secteurs non boisés sont généralement entourés de savanes très ouvertes ou ouvertes de rythme contrasté à saison longue. Plus loin, près des chenaux à mangrove et des villages qui s'y implantent, de grands massifs boisés apparaissent. On retrouve ici la grande matrice de boisements ouverts à saison longue. A l'instar du Fogny gambien, l'ensemble phénologique homogène est ponctué de taches de physionomies assez variables ouvertes ou denses. On y trouve aussi quelques taches de rythme guinéen qui forment, depuis les Kalounayes vers le Bao Bolon, une diagonale où l'importance de ce type de rythme est décroissante du sud-sud-ouest au nord-nord-est.

Au sud du fleuve s'opère la fin de la transition entre le rythme Soudano-guinéen et guinéen. Les secteurs proches de Ziguinchor, une partie de la presqu'île de Séléki, les bords du chenal de Kamobeul et le secteur frontalier au niveau de Varela sont les secteurs plus méridionaux de rythme caducifolié. Le reste du Sud casamançais est de rythme sub-sempervirent. Or, en rive nord, les traces des deux rythmes biologiques sont en majorité de densité assez forte. En rive sud, l'agencement spatial des différentes physionomies est complexe et totalement déconnecté de la distinction des rythmes biologiques.

Les taches de sub-sempervirence dans les Kalounayes sont en effet des formations qui ne sont pas plus denses que l'environnement général (figure 131b) ; il s'agirait d'y trouver d'autres explications dans la stratification et la composition floristique.

N : 1586879,3

E : 303193,70

N : 1500763.44  
E : 387279.82

UTM zone 30  
p205/r50 - p205/r51  
1999

0 15 km

	Très ouvert	Ouvert	Très dense	Dense
Rythme de végétation sempervirente				
Rythme de savane à saison longue				
Rythme de savane à saison courte				
Rythme de la matrice agricole				

Figure 129 : Croisement de la carte des rythmes biologiques avec celle des densités de boisements de terre ferme dans le Saloum



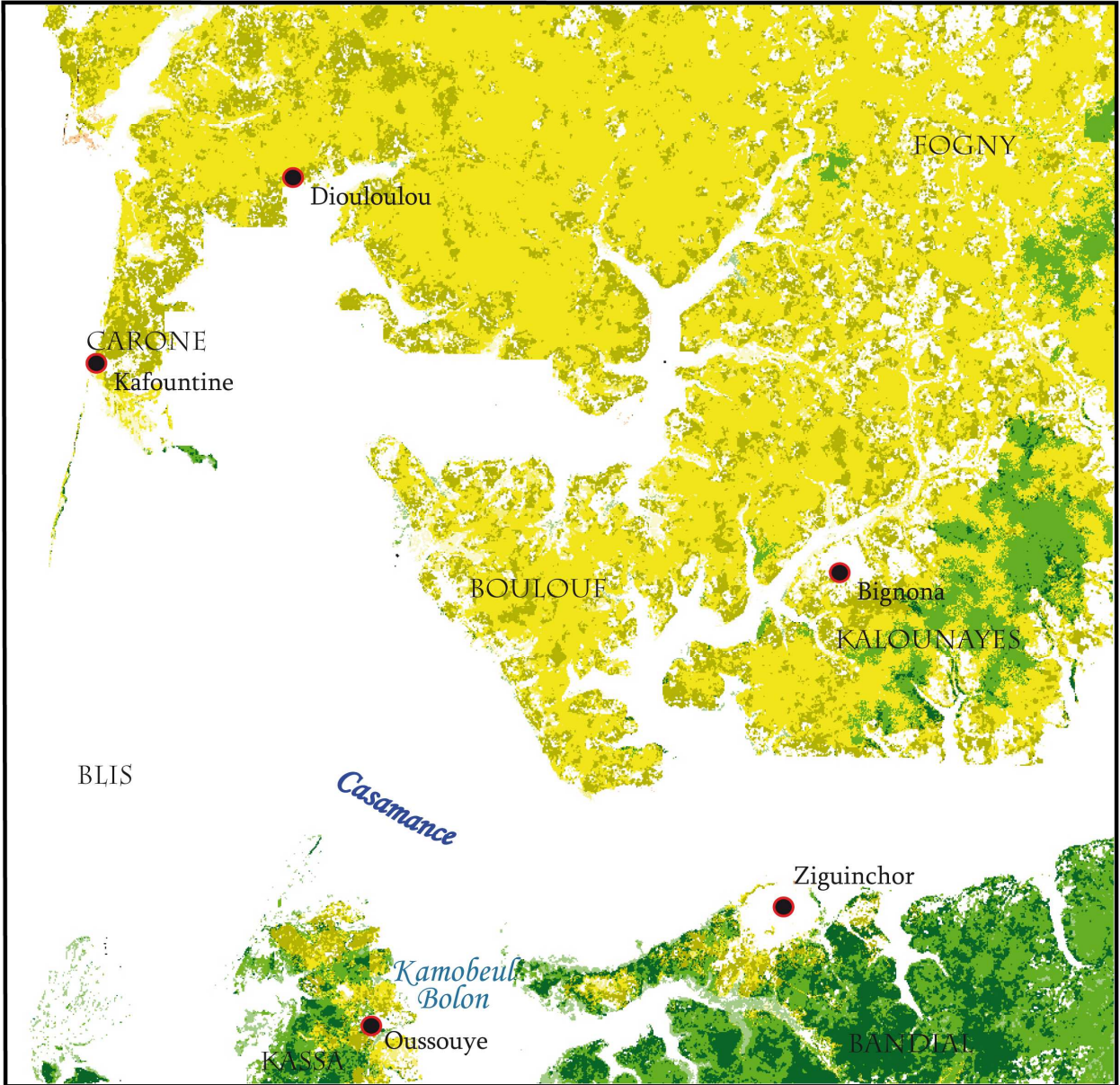


B : végétation très dense à palmiers et lianes en forêt classée des Kalounayes, rythmes biologiques sempervirents en position septentrionale  
A : végétation très dense à palmiers en forêt classée de Koular, rythmes biologiques de saison longue en position septentrionale

**Figure 130 : Végétations à rythme biologique plus typiquement méridional que son environnement**



N : 146700,61  
E : 307530,62



N : 1377297,17  
E : 386928,72

0 20 km

UTM zone 30  
p205/r51- p204/r51  
2000-2001

	Très ouvert	Ouvert	Très dense	Dense
Rythme de végétation sempervirente				
Rythme de savane à saison longue				
Rythme de savane à saison courte				
Rythme de la matrice agricole				

Figure 131 : Croisement de la carte des rythmes biologiques avec celle des densités de boisements de terre ferme en Basse-Casamance

### Croisement de la carte des bioclimats et de la carte des formations végétales (5.3.3)

Le croisement des cartes des rythmes biologiques et des formations végétales permet, outre la création d'une nouvelle carte de la végétation assez précise et novatrice intégrant la physionomie et la phénologie, de voir que les organisations spatiales comparées des physionomies et des rythmes biologiques sont totalement discordantes. Plus exactement, le rythme biologique ne semble que très peu lié à l'ouverture plus ou moins grande de la végétation. Les changements tels que l'ouverture ou la fermeture partielle de la végétation n'auront donc apparemment que peu de visibilité par l'analyse du NDVI. En revanche, la stratification et/ou la composition botanique pourraient jouer un rôle, ce qu'il s'agira de mieux définir *a posteriori*, ne possédant pas à ce stade de données pertinentes.

### Les rythmes biologiques : clé de compréhension de la liaison entre le climat et les paysages (5.3)

L'analyse des rythmes biologiques au temps présent s'est révélée d'un grand intérêt pour la compréhension des fonctionnements de la végétation des régions septentrionales des Rivières-du-Sud. Très clairement, au sein d'une année, la saison des pluies et ses modalités de variations jouent un très grand rôle dans les modalités de la saison d'activité chlorophyllienne. Un temps de décalage d'à peu près un mois a pu être estimé, ainsi qu'une plus grande réactivité au tout début et en fin de saison des pluies qu'en fin de première moitié de cette saison.

Les rythmes biologiques ont pu être cartographiés et décrits avec précision dans leurs fluctuations bihebdomadaires, montrant des différences assez subtiles dans les rythmes de croissance et de décroissance de l'activité chlorophyllienne en début et fin de saison, qui permettent de distinguer, sous un même climat soudano-sahélien, le rythme des savanes et le rythme des zones agricoles. Cette carte des rythmes, croisée à celle des physionomies, a permis de montrer que les deux dimensions de la végétation que sont la phénologie et les physionomies (telles qu'on peut les percevoir par télédétection), sont discordantes et donc que les modifications de la physionomie peuvent probablement, dans un assez grand nombre de cas, s'effectuer sans conséquences perceptibles sur la phénologie. Par la suite, nous couplerons les études phénologiques et floristiques, menées de façon distinctes de celles de l'occupation du sol.

### Etat des paysages, à l'échelle macrorégionale, au début des années 2000 (5)

Les cartes d'occupation du sol ont montré que, pour les vasières, les particularités hydrologiques de chaque delta ou estuaire apparaissent en premier avec la distinction des deux estuaires hyper-halins, Saloum et Casamance aux grandes superficies de tannes. Apparaissent ensuite des particularités régionales plus fines, comme la fragmentation importante en Gambie et faible dans le Nord bissau-guinéen et l'importance des formations denses à *Rhizophora sp.* dans le Saloum par rapport à la Casamance. La structure de la végétation à l'échelle de l'estran reste la principale modalité de variation, au sein de laquelle la flore et la physionomie sont globalement concordantes. Ce portrait des paysages de vasières ne permet pas de se prononcer sur l'importance de la dégradation des paysages.

En terre ferme, une structure macro-régionale d'explication assez clairement anthropique, le tiers nord de la zone d'étude, est assez fortement déboisée, en opposition au sud largement boisé. Cette opposition est complétée d'un gradient d'augmentation de la densité des boisements du nord au sud et d'un double gradient qui s'inverse entre



Casamance et Nord bissau-guinéen pour l'importance des superficies boisées et la fragmentation des boisements. Cependant, des mosaïques complexes sont présentes à l'échelle locale où se côtoient des types de paysages très différents. Au sein de cette structure des paysages de terre ferme, la flore apparaît essentiellement discordante car une majorité des espèces, fidèles au gradient climatique, sont assez indifférentes aux conditions écologiques propres aux différents types de paysages et/ou aux facteurs qui les ont constituées. Cependant, un petit nombre d'espèces restent réactives au facteur paysager et sont étroitement liées à la structure des paysages. Ce chapitre a donc permis de décrire la structure des paysages de sorte à pouvoir effectuer la comparaison avec les états antérieurs. Il a aussi permis de définir un certain nombre d'espèces de terre ferme, sensibles au facteur climatique et au facteur paysager, pour l'interprétation des paysages en changement et l'examen de possibles modifications de la distribution des espèces. Le faible nombre d'espèces liées au type de paysage permet de comprendre que, si les espèces risquent de réagir aux fluctuations du climat, elles sont probablement assez indifférentes aux modifications des paysages.

Les rythmes biologiques de cet ensemble paysager et floristique divergent entre mangrove et terre ferme. Ils divergent également du nord au sud selon des limites qui dépendent de caractéristiques physionomiques et/ou botaniques de la végétation. Ainsi, le climat semble jouer un rôle sur la flore et sur les rythmes de l'activité chlorophyllienne, alors que les sociétés semblent façonner un certain nombre de structures paysagères par la mise en place ou l'entretien de boisements ou de zones agricoles non boisées.

Les apports de ce chapitre à la discussion sur la dégradation, montrent qu'une dégradation d'origine climatique passerait probablement par une atteinte de la phénologie et à terme une modification de la flore. Ces deux dimensions seront donc étudiées ensemble. À l'opposé, une dégradation d'origine anthropique pourrait prendre la forme d'une modification du paysage, dont peut résulter une modification de la flore et de la phénologie, la végétation étant transformée. En effet, rappelons que, si la flore dans sa cinématique propre n'induit pas de modification des paysages, le paysage dans sa cinématique propre mène à la modification des proportions et des physionomies des espèces. La dimension floristique est donc partie prenante, non comme une cause, mais comme une conséquence des évolutions paysagères.

## 6. De la cinématique de l'occupation du sol à celle des paysages

Après avoir présenté un état de référence au temps présent, nous allons pouvoir cartographier, quantifier et décrire les changements de la structure, du contenu et du fonctionnement des paysages. Il s'agit ici de savoir quels sont les principaux changements qu'a connus la végétation, notamment dans sa dimension paysagère sur laquelle on a choisi de centrer le questionnement. Une fois encore, cela doit permettre de discuter si ces changements ont mené à une situation moins bonne que la précédente, c'est-à-dire s'il y a eu dégradation. Ce chapitre de description des principaux changements sera organisé de sorte à étudier d'abord les changements les plus subtils et donc les moins importants pour les paysages, pour aller progressivement vers les changements majeurs.

Ainsi, la première étude sera celle de l'évolution du NDVI. Quelle est la cinématique de l'activité chlorophyllienne ? A-t-elle évolué globalement ? Seules certaines régions ont-elles évolué ? Une question importante pour la suite est celle-ci : retrouve-t-on des fluctuations témoignant d'accommodations phénologiques ou physiologiques minimales en réponse aux fluctuations de la pluviosité, ou de nettes transformations témoignant d'une modification brutale du paysage ? Cette étude de la phénologie est immédiatement suivie de l'étude des modifications de la flore, dans sa répartition spatiale en particulier. (6.1).

Les modifications de l'occupation du sol seront ensuite décrites. Pour les examiner, on a procédé à une cartographie des états anciens et à une comparaison avec la carte de l'état de référence. Ceci permet de poser plusieurs questions. La disparition des boisements est-elle importante ? Où a-t-elle lieu ? L'apparition ou la réapparition de nouveaux boisements sont-elles importantes ? Où ont-elles lieu ? Quel est le bilan ? Ces changements ont-ils eu lieu entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980 ou entre la fin des années 1980 et le début des années 2000 ? Ce portrait des changements de l'agencement des paysages constituera en effet la première base pour juger de l'importance des phénomènes de dégradation (6.2). Cependant, comme des informations plus précises sont nécessaires pour débattre de la question de la dégradation, nous verrons quelles sont ces cinématiques de la végétation et des paysages par une première étude de terrain sur les changements. Pour cela nous étudierons les changements des paysages à travers l'analyse d'un échantillon régulièrement réparti sur l'ensemble de la zone d'étude en fonction de la carte des changements de l'occupation du sol, ce qui permettra de dresser la liste des cinématiques des paysages de sorte à s'assurer que celles étudiées dans les villages enquêtés sont relativement représentatives (6.3).

### 6.1. Cinématiques de la végétation : aspects phénologiques et floristiques

L'examen de la cinématique de la végétation débute donc par la recherche de possibles fluctuations dans les rythmes biologiques. Les fluctuations de l'activité chlorophyllienne seront examinées à travers la recherche de changements témoignant soit d'une évolution phénologique de la végétation en place, soit d'une modification de la végétation (6.1.1). La modification de la structure

floristique, dont on a vu que celle de terre ferme est très liée au gradient climatique et que celle de mangrove est très liée à la salinité des sols qui dépend étroitement de la pluviosité, constituera le deuxième volet de cette étude (6.1.2).

### 6.1.1. La liaison entre l'activité végétale et la pluviosité dans l'espace et dans le temps

La pluviosité était très élevée dans les années 1950 et 1960. Elle a chuté depuis 1968 dans l'ensemble des régions septentrionales des Rivières-du-Sud (Hare, 1985 ; Dacosta, 1993 ; Nicholson, 2001 ; Hulme, 2001 ; Dai *et al.*, 2004), tout particulièrement dans le nord-ouest, Sine, Saloum et Kombo. Le début des années 1980 a connu le maximum de sécheresse, à partir duquel la pluviosité a très lentement augmenté, bien que connaissant encore des années de très faible pluviosité. On peut placer à l'année 1994 la fin de la période sèche et le début de la période assez arrosée qui se poursuit encore aujourd'hui (Nicholson, 2005). C'est dans le sud du Saloum, le Kombo et l'aval du Rio Cacheu que cette reprise a été la plus marquée. Il est possible de supposer que la phénologie et la flore aient réagi à cette fluctuation. Si c'est le cas, on devrait détecter des évolutions progressives et parallèles ou légèrement décalées entre le NDVI et la pluviosité. Cette fenêtre de temps ne permet de n'étudier que la reprise et non la possible dégradation résultant de la péjoration de la pluviosité et ne peut qu'être extrapolée depuis l'analyse de la réaction à la reprise de la pluviosité. Nous examinerons donc ici la question suivante : l'augmentation de la pluviosité lente et progressive durant les années 1980 et plus rapide dans le milieu des années 1990 s'est-elle traduite par une augmentation du NDVI ?

Les cas de figure d'importantes modifications de la végétation d'origine anthropique, comme le défrichement d'un massif forestier, peuvent également se lire dans les séries temporelles de NDVI dans la mesure où l'on a pu distinguer sur la carte des bioclimats des faciès boisés et non boisés. Ainsi on pourra éventuellement retrouver dans les analyses temporelles certains changements majeurs de la végétation à travers l'activité végétale qui devait connaître une rupture nette et une modification du rythme.

Une analyse spatio-temporelle des séries d'images de NDVI du satellite NOAA est donc effectuée pour décrire les changements et les interpréter. Elle se déroulera en trois temps : une Analyse en Composantes Principales pour examiner les principales tendances (6.1.1.1), une classification pour la cartographie (6.1.1.2) et le calcul des corrélations avec la pluviosité pour confirmer l'importance du lien entre le NDVI et la pluviosité selon les ré-estimations effectuées par l'équipe LOCEAN (Sultan, 2002) (6.1.1.3).

#### 6.1.1.1. Analyses spatio-temporelles de la fluctuation du NDVI

##### *Analyse en Composantes Principales : interprétation des axes*

L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) est appliquée à la série d'images de synthèses bihebdomadaires de NDVI issue des satellites NOAA pour extraire les principaux contrastes qu'ils soient spatiaux, temporels ou spatio-temporels. Les évolutions du NDVI devraient ressortir d'une telle analyse. Il sera alors possible de distinguer les tendances décennales de fluctuation du NDVI en liaison avec les fluctuations de la pluviosité et les ruptures dans les rythmes témoignant de modifications brutales du paysage. L'A.C.P. porte donc sur les premières synthèses bihebdomadaires de chaque mois depuis 1982 jusqu'en 2003, soit 244 variables. Les pixels ré-échantillonnés à 8 km de côté forment 19 colonnes sur 39 lignes, soit 741 individus.

Les valeurs propres de l'A.C.P. sont assez conformes aux A.C.P. effectuées sur les séries temporelles telles que des séries climatiques. La première composante principale connaît une valeur propre qui constitue une part très grande de la variabilité. Cependant devant le grand nombre de variables, il reste pertinent d'étudier les premières composantes principales qui peuvent, malgré leur faible valeur propre, contenir une information importante.



Chaque composante principale (figures 133 à 138) est analysée pour définir le principal contraste spatial et/ou temporel. On recherche avant tout une évolution temporelle de longue durée qui puisse être mise en relation avec la fluctuation de la pluviosité. Par ailleurs, certains profils temporels peuvent ne concerner qu'un petit espace comme le Nord soudano-sahélien ou le Sud soudano-guinéen, ou encore une formation végétale comme la mangrove ou la savane. Pour définir les contrastes constitutifs de la composante principale, l'image des coordonnées des pixels sur l'axe factoriel est interprétée à l'aide des courbes de variation temporelle de la moyenne de NDVI des 10 % de pixels de coordonnées négatives ayant les plus fortes contributions à la formation de la composante et des 10 % de pixels de coordonnées positives aux plus fortes contributions à la formation de la composante.

Le tableau 16 permet d'interpréter ainsi les cinq premières composantes principales comme porteuses d'une information significative. Les suivantes ne témoignent que de quelques oppositions de pixels isolés aux profils particuliers.

1. CP1 : la première composante principale, opposant les tannes, et dans une moindre mesure le Nord aux NDVI faibles au Sud (Kombo, Kassa, Bandial, Région de Canchungo) aux NDVI élevés, met en évidence les caractéristiques phénologiques liées à la zonation climatique.
2. CP2 : la deuxième composante principale opposant la terre ferme avec un rythme régulier et contrasté entre les deux saisons, et la mangrove avec un rythme irrégulier et peu contrasté, met en évidence la différence des deux familles de paysages.
3. CP3 : la troisième composante principale, opposant le Centre-Est, présentant un rythme assez ample, assez régulier à quelques pixels de la limite entre les vasières et la terre ferme, au profil moyen et régulier avec des activités végétales assez intenses en saison sèche, met en contraste deux profils de saisons d'activité chlorophyllienne assez longue : les zones mixtes de mangrove et de formations de bas-fonds et les zones méridionales et continentales.
4. CP4 : la quatrième composante principale opposant le Centre-Ouest et les mangroves aux NDVI croissants depuis les années 1980 jusqu'à aujourd'hui au Sud dont le NDVI est resté stable à l'échelle décennale, met en contraste les principales réactions à la fluctuation de la pluviosité.
5. CP5 : **la cinquième composante principale** opposant quelques pixels du Sud et du Centre-Ouest, dont l'activité de saison sèche a été élevée de 1986 à 1996, à quelques pixels du Centre-Est dont l'activité de saison des pluies a été basse de 1986 à 1996 et plus élevée ensuite, **met en contraste les zones de progression de NDVI précoce aux zones de régression du NDVI à la fin des années 1980.**
6. CP6 : **la sixième composante principale**, opposant quelques pixels de Casamance aux NDVI élevés de 1987 à 1994 et assez faibles ensuite à un très petit secteur du nord bissau-guinéen aux NDVI de saison des pluies peu élevés de 1987 à 1994 et élevés ensuite, **met en contraste les zones où le NDVI a connu une progression tardive et les zones où il a connu un ralentissement durant les années 1990.**

Il apparaît donc (tableau 16) un certain nombre d'évolutions qui semblent étroitement liées aux fluctuations de la pluviosité (ce qui va être testé ci-après) mais aucune évolution apparemment liée à d'importantes modifications paysagères. La carte des rythmes bioclimatiques issue de MSG présentait une résolution spatiale de 3 km de côté et se base sur une série temporelle de répétitivité de 15 jours. Pour l'analyse temporelle des synthèses NDVI de NOAA, la résolution spatiale est de 8 km ce qui rend difficile une distinction spatiale fine et ne retrace que les très grandes unités, ordres et familles de paysages. De plus, pour l'analyse temporelle, la série est réduite de moitié en prenant une synthèse sur deux, réduisant la répétitivité à un mois. Ceci ne permet plus de distinguer les finesses du rythme, telle l'anticipation de la saison des pluies pour les formations de savanes, permettant de distinguer les savanes des zones de culture. Ce type de changement étant parfaitement mis en évidence par les analyses de l'occupation du sol, conçues dans ce but, il sera déduit de la carte des changements de l'occupation du sol.

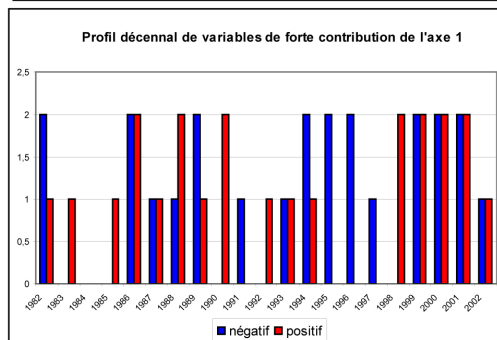
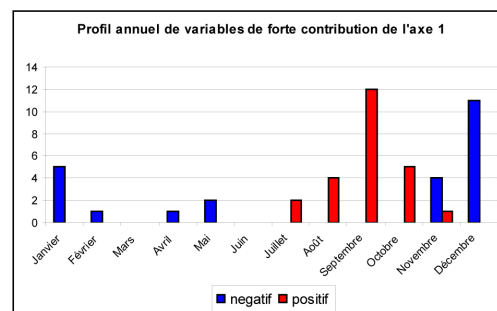
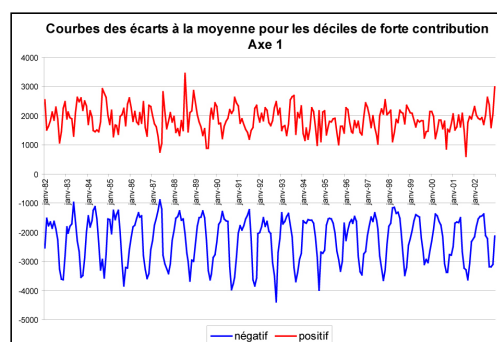
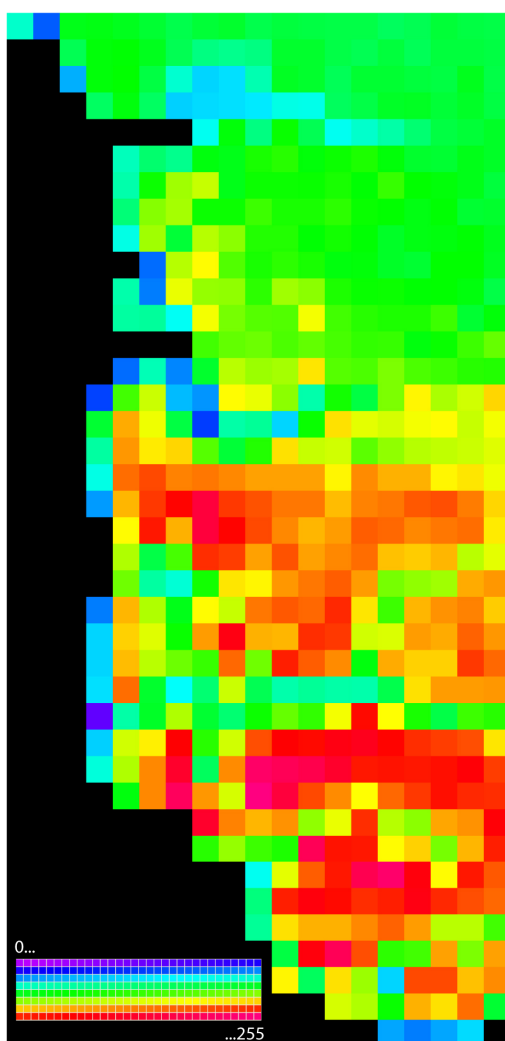
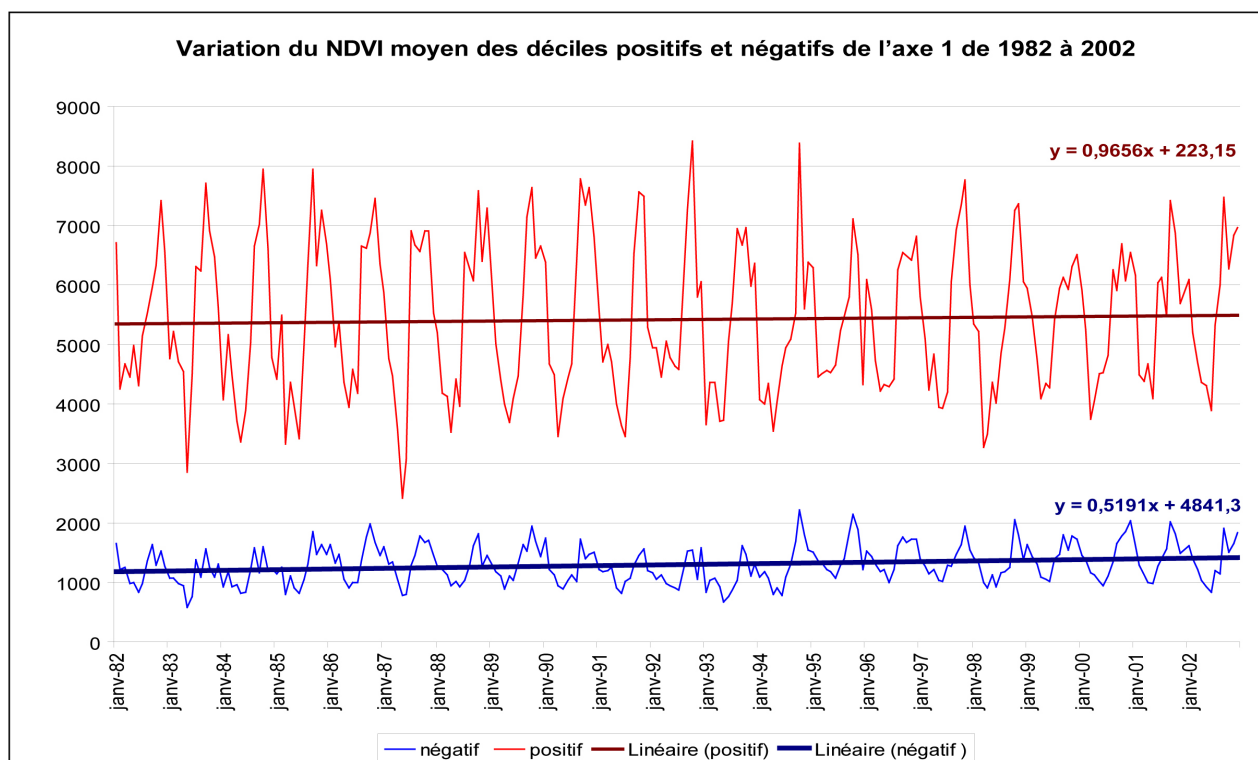


Figure 132 : Première composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe

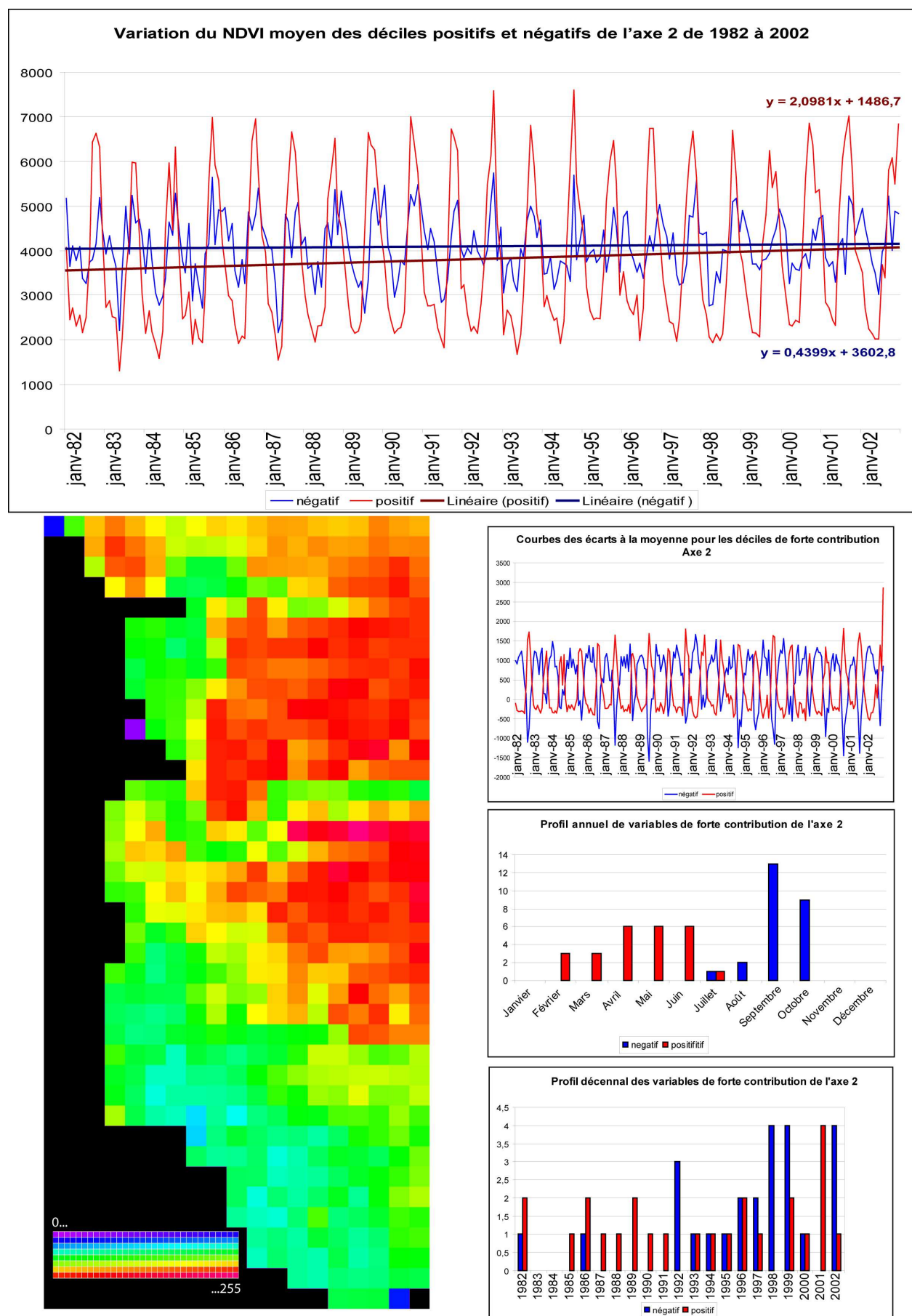


Figure 133 : Deuxième composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe



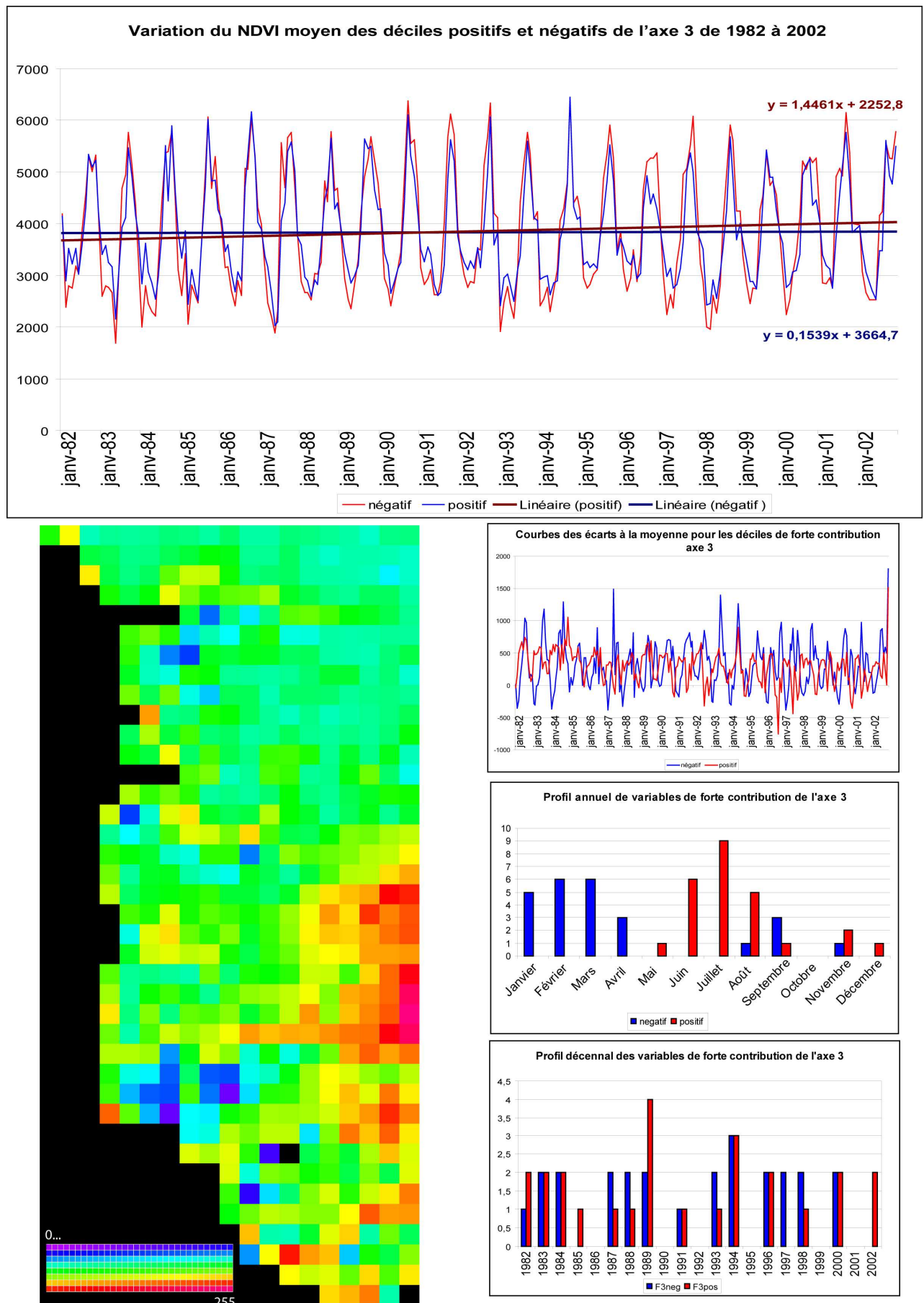


Figure 134 : Troisième composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe

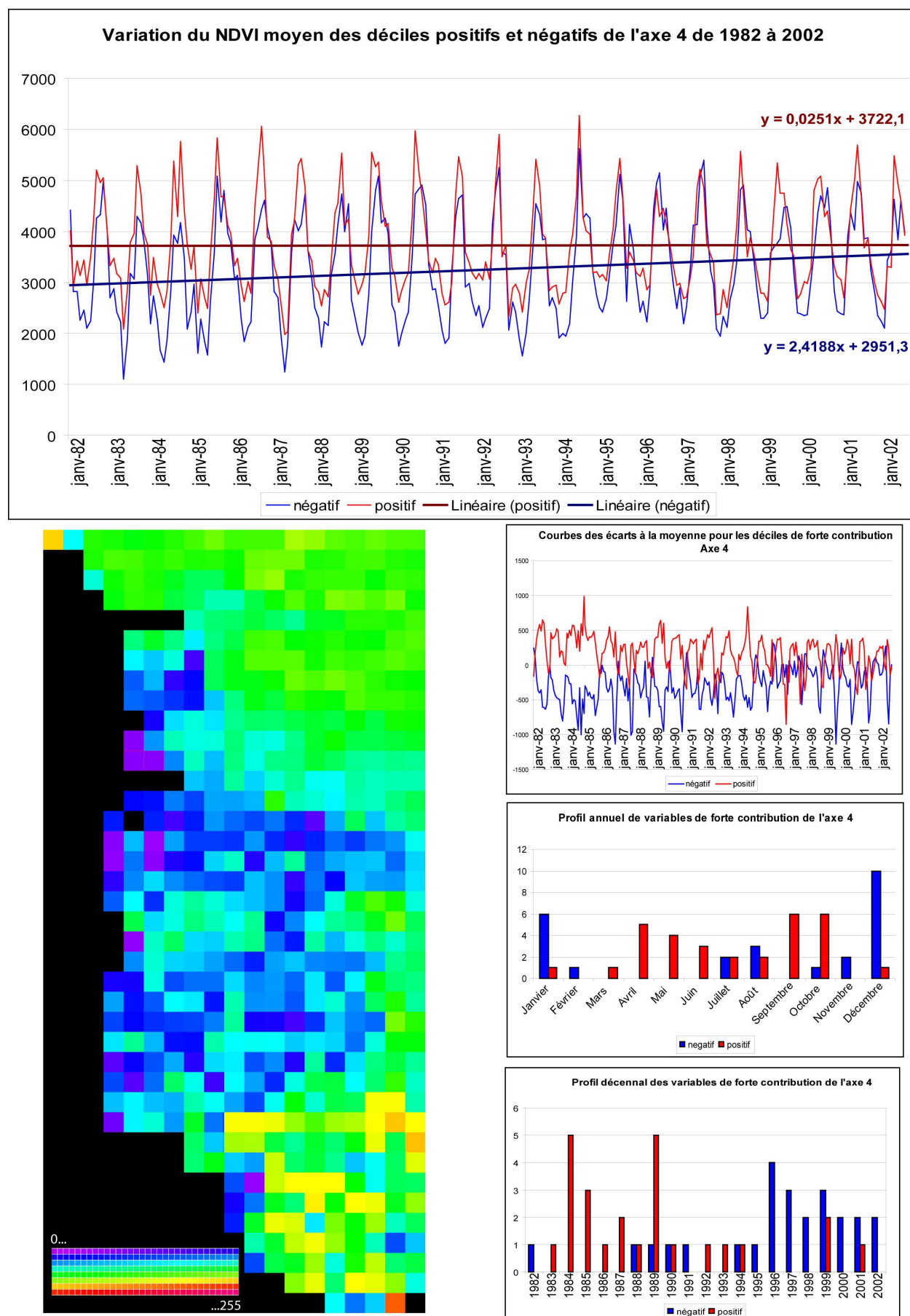


Figure 135 : Quatrième composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe

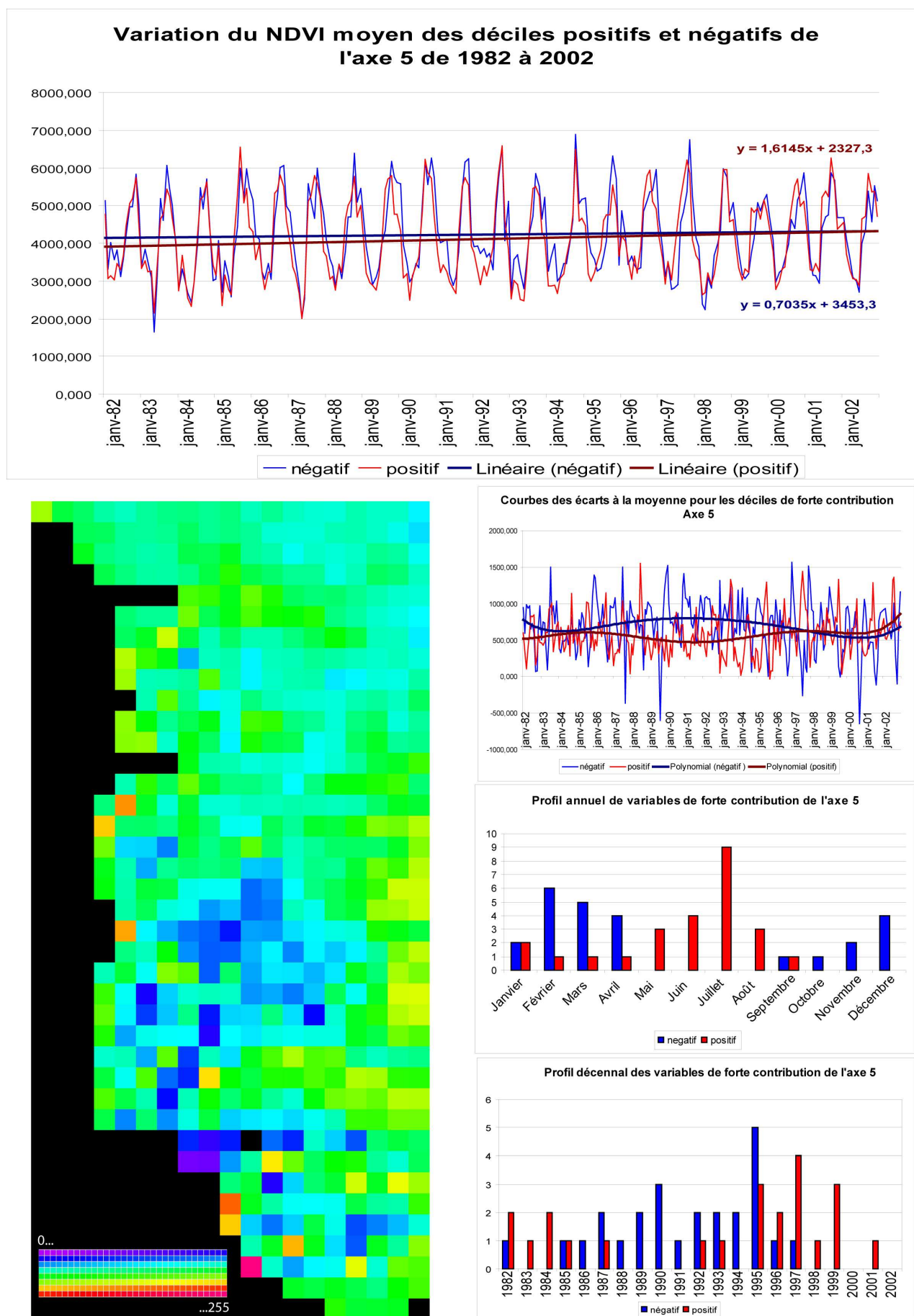


Figure 136 : Cinquième composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe



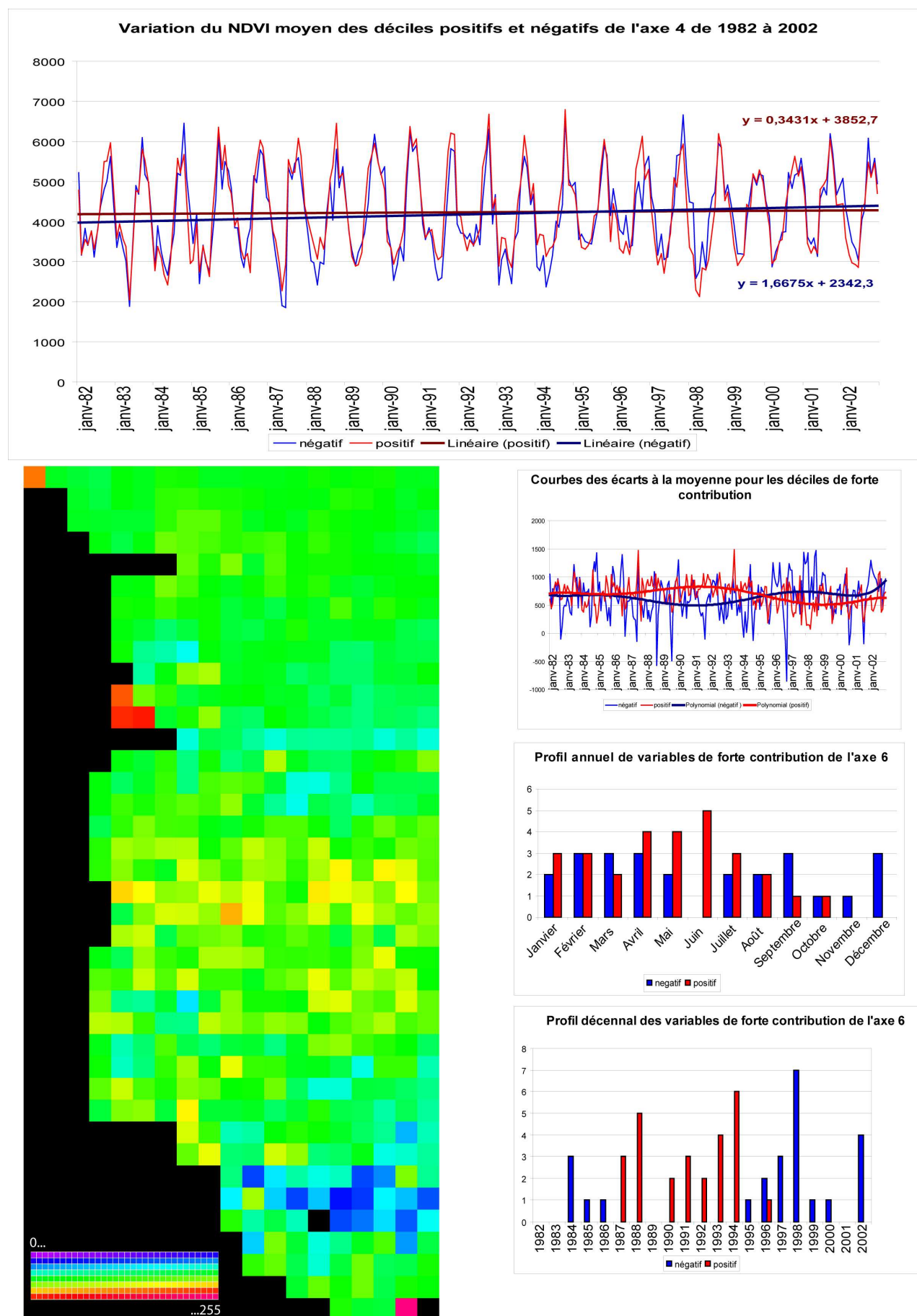


Figure 137 : Sixième composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe

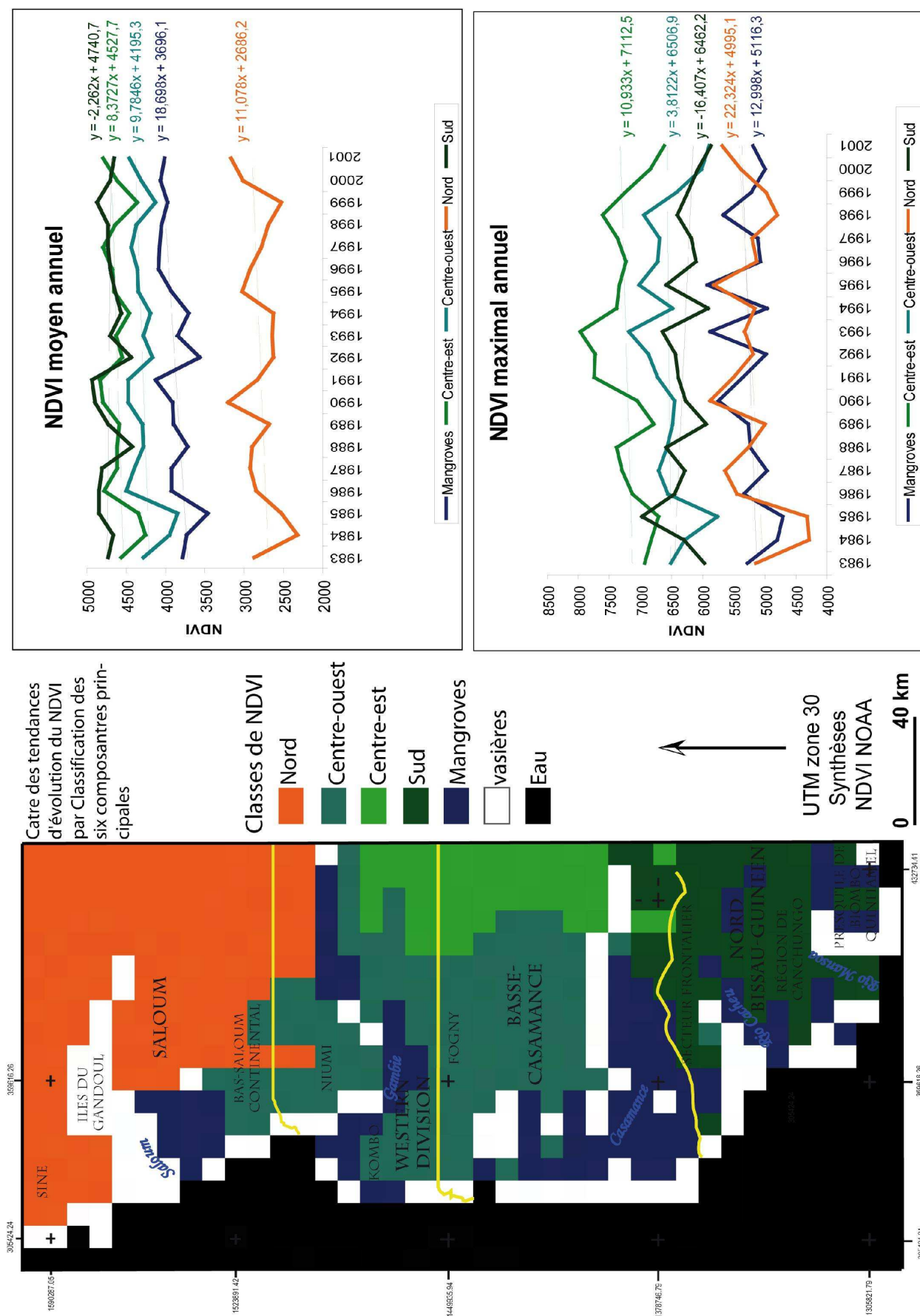


Figure 138 : Tendances d'évolutions du NDVI (classification des Composantes Principales de l'A.C.P. sur NOAA de 1982 à 2000)

Sur la figure 139, chaque classe est caractérisée par la variation du NDVI moyen annuel ou du NDVI maximal annuel. Les deux indices montrent d'abord que la seule région dont la tendance est négative est la zone méridionale.

Les zones de mangrove sont ici aussi caractérisées par une progression bien marquée du NDVI à l'échelle décennale sur les deux indices. Les deux régions centrales montrent bien des profils de progression. Ceux-ci sont cependant atténués par l'affaissement des courbes de NDVI dans les dernières années qui avait été détecté sur les composantes 5 et 6.

Le Nord, qui n'était bien décrit par aucun décile, apparaît selon les moyennes annuelles et la moyenne de l'ensemble du Nord comme ayant connu une progression assez forte, surtout des maxima, le caractère irrégulier de ces courbes étant à l'origine de la variabilité des résultats, ce qui nous incite à une grande prudence pour conclure sur la tendance de cette région.

		<i>Spatial</i>	<i>Intensité</i>	<i>Rythme</i>	<i>Saisons</i>	<i>Années</i>	<i>Tendance</i>
<b>1</b>	positif	Sud	Fort	Contrasté régulier	Juillet - novembre	-	0,9
	négatif	Tannes (nord)	Faible	Très peu contrasté irrégulier	Décembre - janvier	-	0,5
<b>2</b>	positif	Terre ferme	Moyen	Très contrasté	Septembre - octobre	2001	2,0
	négatif	Mangrove	moyen	Peu contrasté	Février à juin	1992, 1998 1999, 2002	0,4
<b>3</b>	positif	Sud-est	Moyen	Élevé en saison humide	Mai à septembre	1989, 1994	1,4
	négatif	Limite de la mangrove-	Moyen	Élevé en saison sèche	Février à Avril	1994	0,1
<b>4</b>	positif	Sud	Moyen	Bien marqué	Mars à octobre	1884-1985, 1989	0,02
	négatif	Mangrove et Centre-ouest	Moyen	Bien marqué	Décembre - janvier	1996, 1997 1999	2,41
<b>5</b>	positif	Sud-est pixels isolés	Moyen	Bien marqué	Juin à août	1995, 1997 1999	1,6
	négatif	Centre-ouest pixels isolés	Moyen	Bien marqué	Décembre à mars	1990, 1995	0,7
<b>6</b>	positif	Basse Casamance	Moyen	Bien marqué	Avril à juin	1987 à 1994	0,3
	négatif	Région de Canchungo	Moyen	Bien marqué	-	1984 à 1986 - 1995 à 2002	1,6

Tableau 16 : interprétation des axes



### 6.1.1.2. Calcul des corrélations

Pour pouvoir confirmer notre interprétation des axes qui semblent présenter une forte tendance temporelle, nous allons ici confronter les résultats obtenus précédemment avec les données de pluies ré-estimées (Sultan, 2002). Les corrélations annuelles (figure 140) sont particulièrement faibles, seuls les NDVI du décile positif de l'axe 1 (le Sud) et dans une moindre mesure du décile négatif de l'axe 2 (la mangrove) présentant des corrélations significatives.

Or, on a vu que les modalités de progression du NDVI observées sur les axes 4, 5 et 6 sont des processus assez subtils où souvent seule une saison voit une progression de l'intensité de l'activité chlorophyllienne. Ainsi, le décile négatif de l'axe 4, caractérisé par une forte progression du NDVI, apparaît selon la moyenne annuelle irrégulier sans montrer clairement la progression. Si l'année 1991 associe faible pluviosité et faible NDVI, les autres fluctuations sont discordantes entre les deux séries temporelles.

Il s'agirait de mettre en place des méthodes de calculs plus complexes. Nous avons donc calculé les corrélations sur les données mensuelles tout en étant conscient que la saisonnalité commune des deux séries de données mènera forcément à des corrélations nettement supérieures pour lesquelles le seuil de significativité doit être augmenté. Ainsi les corrélations simples, dont la plus élevée est inférieure à 0,7, sont toutes considérées comme non significatives et il s'agit d'examiner les corrélations décalées et les corrélations cumulées.

Les corrélations décalées (figure 141a) mesurent le lien entre la pluviosité d'un mois donné et le NDVI du mois suivant, et ce sur l'ensemble de la série temporelle. Six coefficients de corrélations décalés d'un mois sont supérieurs à 0,75 : la terre ferme sur le décile positif du deuxième axe, les deux déciles du troisième axe, et pour ce qui nous intéresse le plus, les trois déciles positifs des quatrième, cinquième et sixième axes illustrant les tendances décennales.

Concernant les corrélations cumulées (figure 141b), quatre déciles ont des corrélations significatives et supérieures pour le cumul sur trois mois à d'autres coefficients. Il s'agit de la terre ferme (décile positif de l'axe 2), des limites de la mangrove (décile négatif de l'axe 3), le Sud (décile positif de l'axe 4) et de l'Est (décile négatif de l'axe 5). Outre ces quatre et les mangroves (déciles négatifs de l'axe 2), les autres déciles sont caractérisés par des corrélations significatives avec le cumul sur six mois.

L'importance des coefficients de corrélation semble donc bien montrer que le NDVI a fluctué en réaction aux fluctuations de la pluviosité.

#### La liaison entre l'activité végétale et la pluviosité dans l'espace et dans le temps (6.1.1)

L'examen de la série de NDVI NOAA n'a permis de mettre en évidence aucune évolution paysagère. Cependant, il a été mis en évidence que l'ensemble de la zone d'étude, dans sa diversité latitudinale et écologique, a connu une augmentation de l'intensité de l'activité chlorophyllienne de 1982 à 2002. Les mangroves, le Centre-Ouest et le Nord étant les zones de plus forte réaction, le Sud et les secteurs continentaux apparaissant comme les moins réactifs. Or, on avait pu observer que le Saloum et le Kombo ont connu d'importantes diminutions de la pluviosité et que le sud du Saloum et l'aval du Rio Cacheu sont les secteurs de plus nette reprise de la pluviosité. Ces deux résultats sont cohérents et expliquent assez bien la plus forte reprise de l'activité chlorophyllienne dans le Nord et le centre. Cependant, il reste à savoir à quoi correspondent ces fluctuations du NDVI. S'agit-il d'accommodations physiologiques minimales et passagères ou de transformations durables de la végétation ?

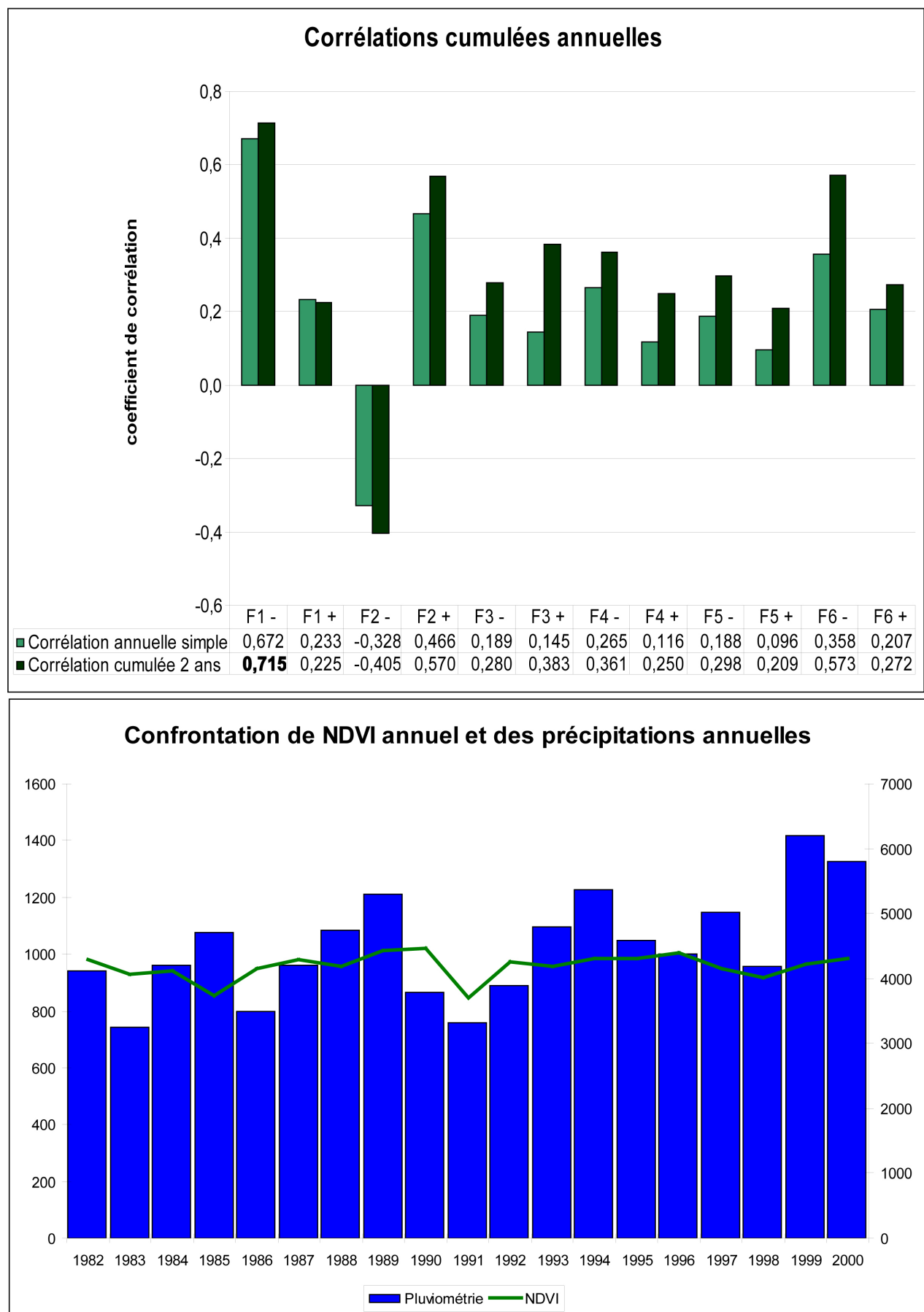
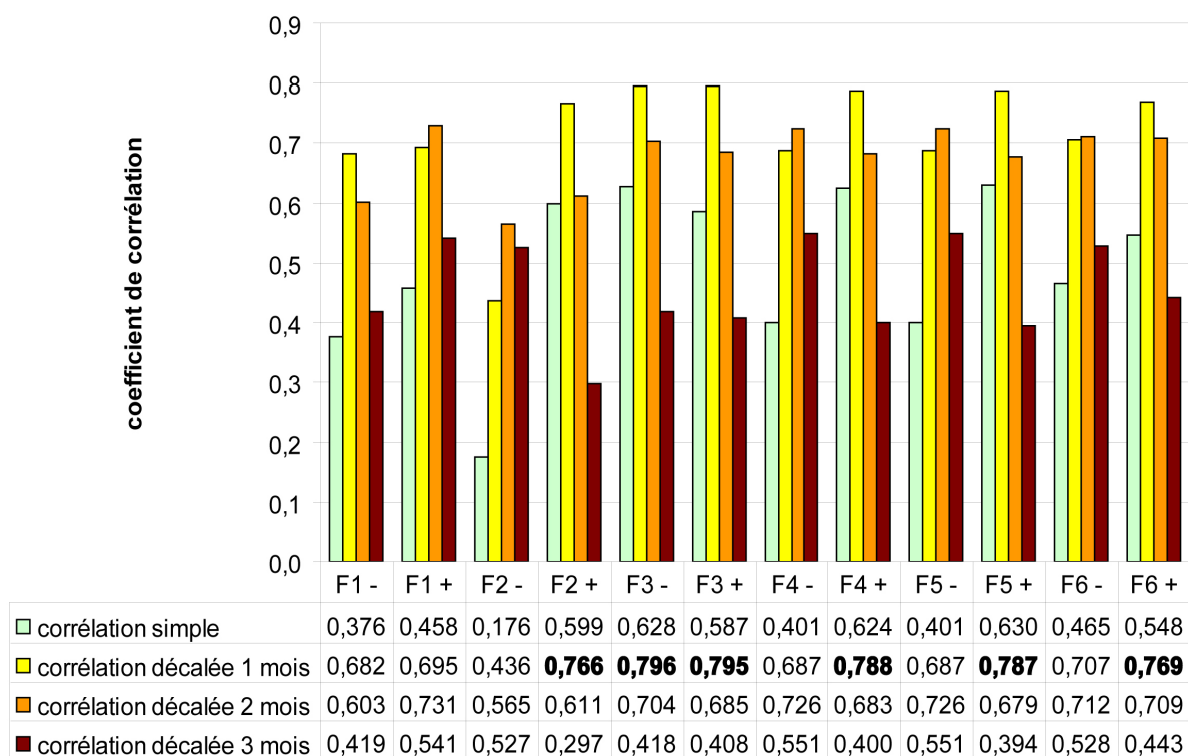


Figure 139 : Corrélations annuelles du NDVI et de la pluviosité

## Corrélations décalées entre le profil de NDVI et la pluviosité



## Corrélations cumulées entre le profil de NDVI et la pluviosité

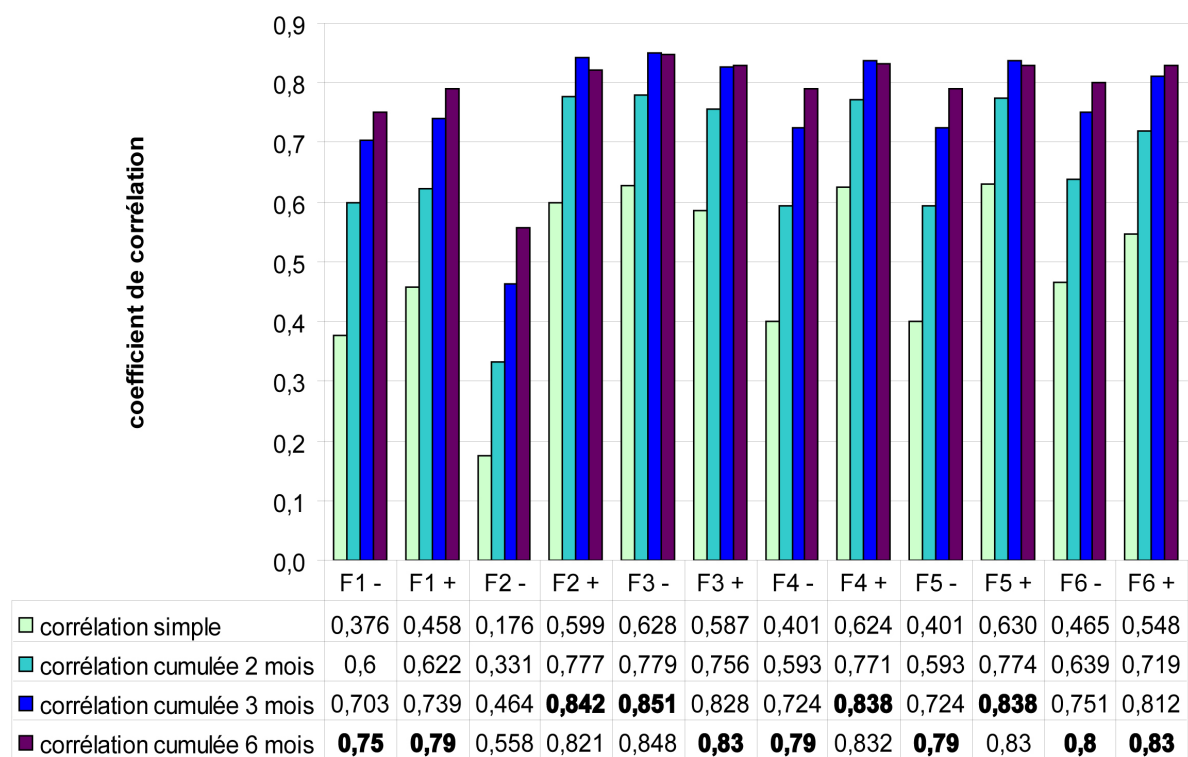


Figure 140 : Corrélations mensuelles du NDVI et de la pluviosité



## 6.1.2. Cinématique de la flore

Puisque le rythme d'activité chlorophyllienne de la végétation a évolué avec les fluctuations de la pluviosité, il est possible de s'interroger sur une éventuelle réponse de la flore, avec notamment des modifications dans la distribution de certaines espèces. La possibilité de translation latitudinale d'échelle macro-régionale des espèces de la terre ferme sera étudiée en confrontant d'une part une comparaison de relevés de Jean Trochain effectués en 1936 (Trochain, 1940) et, d'autre part, les résultats du transect sur la distribution des espèces concernées pour tenter de confirmer leur possible migration (6.1.2.1). L'hypothèse d'une réaction de la flore de mangrove non plus selon des modifications latitudinales de petite échelle mais selon une modification répétée de la structure sur l'estran sera également examinée dans le cas du recul en liaison avec la péjoration (6.1.2.2) et dans le cas d'une régénération avec le retour de conditions plus pluvieuses (6.1.2.3).

### 6.1.2.1. Les fluctuations du climat et la modification de la flore de terre ferme

La fluctuation phénologique chlorophyllienne, en réaction aux fluctuations de la pluviosité, ayant été montrée, nous allons tester la possibilité d'une modification plus importante de la végétation sous la forme d'une fluctuation de la distribution des espèces. Pour cela nous allons comparer deux bases de données floristiques : l'un datant de 1936 et l'autre de 2004 et confirmer ces résultats en analysant avec précision la distribution actuelle des espèces supposées avoir migré.

#### *Comparaison des relevés entre 1936 et 2004*

De même que les données de NDVI ne couvrent pas parfaitement la période étudiée, les données floristiques sont très lacunaires. Nous ne possédons que deux ensembles de relevés floristiques que l'on suppose comparables : les quatorze relevés les plus méridionaux effectués par Trochain dans le sud du Saloum en 1936 et les dix-huit relevés les plus septentrionaux effectués par moi-même en 2004 dans la même zone pour autant que la localisation laissée par Trochain permette d'en juger. 1936, en période très arrosée, est une bonne référence de la période la plus humide. 2004, dix ans après la modeste reprise de la pluviosité, peut constituer un état de référence d'une situation moyenne, suivant une longue période sèche. Enfin, une fois encore seule la végétation ligneuse est ici analysée. L'hypothèse est que, si un certain nombre d'espèces ont migré vers le sud à cause de la translation des isohyètes, entre l'inertie que demande un tel processus et la situation moyenne de l'état actuel, la flore devrait être, en 2004, plus clairement soudano-sahélienne qu'elle ne l'était en 1936 où par ailleurs, Trochain (1940) la décrit comme soudano-guinéenne en interfluve et guinéenne dans les bas-fonds.

Les quatorze relevés les plus méridionaux effectués par Trochain se situent depuis le village de Sangako, à 60 km au sud-ouest de Kaolack, jusqu'à la frontière gambienne. Or, les dix-huit relevés les plus septentrionaux du transect se situent précisément de la forêt classée de Sangako, à la frontière, via la forêt classée de Fathala. Si la localisation précise des relevés ne permet en aucune manière une comparaison de relevé à relevé, ni même de groupes de relevés à groupes de relevés, il semble cependant possible de tenter une comparaison des deux ensembles de relevés.

La différence entre les deux listes d'espèces sera utilisée pour une première estimation des espèces dont la répartition spatiale a pu se modifier. Laquelle sera réexaminée pour user d'une prudence la plus grande possible à l'aide de la connaissance que l'on a de la distribution actuelle des espèces en question.

#### 31 espèces communes aux deux dates :

*Acacia macrostachya*, *A. sieberiana*, *Albizia zygia*, *Annona senegalense*, *Anogeissus leiocarpus*, *Bombax costatum*, *Cassia sieberiana*, *Cola cordifolia*, *Combretum glutinosum*, *Cordyla pinnata*, *Daniellia oliveri*, *Entada africana*, *Hymenocardia acida*, *Ipomoea senegalensis*, *Khaya senegalensis*, *Lannea acida*, *Lannea veluta*, *Parkia biglobosa*, *Prosopis africana*, *Pterocarpus erinaceus*,

*Sclerocarya birrea*, *Securidaca longepedunculata*, *Strychnos spinosa*, *Terminalia avicennioides*, *Terminalia macroptera*, *Combretum nigricans*, *Ozoroa insignis*, *Vitex madiensis*, *Dichrostachys cinerea*, *Piliostigma* sp. *Lannea microcarpa*, *Ficus gnaphalocarpa*.

**7 espèces relevées en 2005, et non relevés en 1936, bien que relevés plus au nord :**

*Hannoa undulata*, *Ziziphus mauritiana*, *Flueggea virosa*, *Calotropis procera*, *Mitragyna inermis*, *Macrosphyra longistyla*, *Guiera senegalensis*.

**3 espèces relevées en 1936, et non relevés en 2005, bien que relevées plus au sud :**

*Ficus glumosa*, *Pericopsis laxiflora*, *Lophira lanceolata*.

**8 espèces relevées en 2005, et non relevés en 1936, bien que présentant une distribution qui ne permette pas une comparaison** (omniprésente, très rare, présences différentes plus vers l'intérieur des terres...) :

*Detarium micranthum*, *Erythrina senegalensis*, *Spondias monbin*, *Syzygium guineense*, *Erythrophleum suaveolens*, *Borassus flabellifer*, *Cordia sinensis*, *Sarcocephalus latifolius*.

**5 espèces totalement absentes des relevés de 1936 :**

*Andira inermis*, (Importée) *Azadirachta indica* (importée), *Psorospermum senegalense* (rare), *Bridelia micrantha*, *Terminalia laxifolia*

**3 espèces totalement absente des relevés de 2005 :**

*Trichilia emetica* (rare), *Maytenus senegalensis*, *Ximenia americana* (Importée).

Dix espèces semblent présenter une possible modification de leur distribution. Parmi elles, sept espèces septentrionales sont éventuellement apparues dans cette zone entre 1936 et 2004, et trois espèces méridionales ont peut-être disparu de cette zone.

***Les analyses fréquentielles de la distribution pour confirmer les différences entre les relevés***

Sept espèces sont supposées avoir connu une migration vers le sud, les ayant amenées à « conquérir » le Bas-Saloum entre 1936 et 2004 :

- *Ziziphus mauritiana* Lam., de la famille des RHAMNACÆS est considérée comme une espèce des savanes Sahélo-soudaniennes à soudaniennes sur sols sableux ou rocheux. Elle pourrait donc être susceptible d'avoir connu un déplacement latitudinal de sa chorologie.

- *Flueggea virosa* (Roxb. ex Wild.) Voigt, de la famille des EUPHORBIACÆS est un arbuste buissonnant pouvant s'élever de deux à trois mètres considéré comme une espèce des savanes sahéliennes à soudaniennes sur sol perturbé et jachères. Elle pourrait donc en effet être susceptible d'avoir connu un déplacement de sa chorologie lié à l'anthropisation comme aux fluctuations de la pluviosité.

- *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f, de la famille des ASCLEPIADACÆS est un arbuste pouvant s'élever de trois à cinq mètres considéré comme une espèce sahélienne de sols sableux ou dégradés favorisée par les champs et les jachères. Si cette espèce montre un réel déplacement, il sera donc plus probablement dû aux changements des paysages qu'à ceux du climat.

- *Mitragyna inermis* (Willd.) Kuntze, de la famille des RUBIACÆS, est considérée comme une espèce sahélo-soudanienne à guinéenne adaptée aux sols lourds, argileux et mal drainés donc fréquente dans les bas-fonds. On peut supposer que le caractère topographique de sa chorologie la laisse assez indifférente aux fluctuations climatiques.

- *Macrosphyra longistyla* (Hook. F.), de la famille des RUBIACÆS, est un arbuste s'élevant de deux à six mètres de haut, et est considéré comme une espèce des forêts galeries soudano-guinéennes à guinéennes. Par une affinité aux fortes pluviosités, il est susceptible d'avoir connu une modification de

sa chorologie bien que sa liaison aux topographies basses pourrait le rendre peu sensible à la variation de la pluviosité.

- *Guiera senegalensis* (J. F. Gmel.), de la famille des COMBRETACÆS, est un arbuste bas sur sols sableux lessivés et épuisés, on le trouve dans les jachères sahélo-soudaniennes. Si cette espèce montre un réel déplacement, il sera donc, plus probablement dû aux changements des paysages qu'à ceux du climat.

Parmi celles-ci, deux présentent une distribution qui appuie la comparaison des deux relevés et laisse supposer une possible expansion ou régression.

*Ziziphus mauritiana*, avec une liaison avec les pluviosités entre 900 et 1100 mm et une limite méridionale significative, peut être assez clairement définie comme étroitement liée à la pluviosité, donc susceptible de s'être déplacée. Son absence des relevés du Bas-Saloum effectués en 1936 pourrait donc éventuellement être due à un changement de sa distribution spatiale en réaction aux trois décennies de sécheresse (figure 142a).

*Fluegge virosa* n'apparaît pas en soi comme une espèce étroitement liée à la pluviosité car son faible nombre de présences observées ne permet pas d'établir de liaison très significative avec un descripteur climatique, ni de donner une haute significativité à sa limite. Cependant, sa limite actuelle est la même que *Ziziphus mauritiana*, or si un seuil de concurrence entre espèces permet le développement de *Ziziphus mauritiana* jusqu'à ce point mais pas au delà, il est loisible de se demander s'il n'est pas commun à *Fluegge virosa* qui aurait donc éventuellement pu connaître lui aussi une modification de sa flore jusqu'à occuper le Bas-Saloum entre 1936 et 2004 (figure 143).

Trois espèces sont supposées avoir connu une migration vers le sud, les ayant amenés à disparaître du Bas-Saloum entre 1936 et 2004 :

- *Ficus glumosa* (Del.), de la famille des MORACÆS, est un arbre ou arbuste des savanes et galeries forestières soudaniennes à guinéennes peu exigeant d'un point de vue pédologique. Il semble peu sujet à des modifications de sa chorologie.

- *Pericopsis laxiflora* (Benth.) van Meeuwen, est un arbre de trois à sept mètres considéré comme une espèce des savanes soudaniennes à guinéennes sur sols rocheux et jachères pauvres. Son large spectre écologique la rend peu susceptible d'avoir réagi à l'aggravation de la sécheresse.

- *Lophira lanceolata* (Van tiegh. ex Keay) de la famille des OCHNACÆS est un arbre des savanes et jachères soudano-guinéennes à guinéennes sur sols moyens ou caillouteux. Ce qui semble un profil favorable à une réaction à l'aggravation de la sécheresse.

Seule une de ces trois espèces présente une distribution qui semble relativement cohérente avec l'hypothèse d'une migration vers le sud (140b).

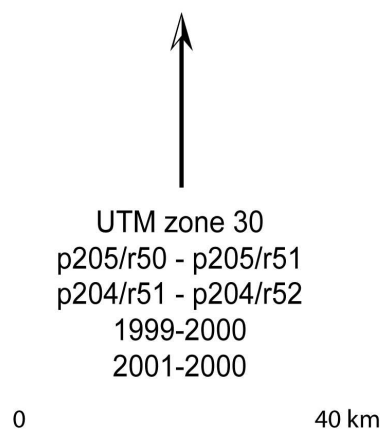
*Pericopsis laxiflora*, limité à la région centrale avec une liaison significative aux pluviosités entre 850 mm et 950 mm et une limite méridionale très significative, peut être défini comme susceptible de varier dans sa limite sud. Cependant, les fortes liaisons qu'il présente avec la gamme de pluviosité sont à la limite septentrionale de sa distribution pour laquelle la limite est, par ailleurs, significative. Ainsi, il est possible de supposer que *Pericopsis laxiflora* a pu migrer vers le sud de sorte à disparaître du Bas-Saloum entre 1936 et 2004.

La répartition de la flore ligneuse de terre ferme n'a donc selon cette rapide analyse probablement qu'infiniment peu évolué en réponse aux fluctuations du climat. Ce qui, si on y réfléchit n'est pas étonnant car les espèces connaissent de très larges niches climatiques, au sein desquelles elles peuvent s'implanter et se développer si la compétition ne les élimine pas d'une partie de la niche. Ainsi, ces fluctuations n'ont pas mené un grand nombre d'espèces à être, dans toutes les formations végétales où elles peuvent se trouver sous un climat donné, concurrencées et totalement éliminées.





● Présences de *Ziziphus mauritiana*

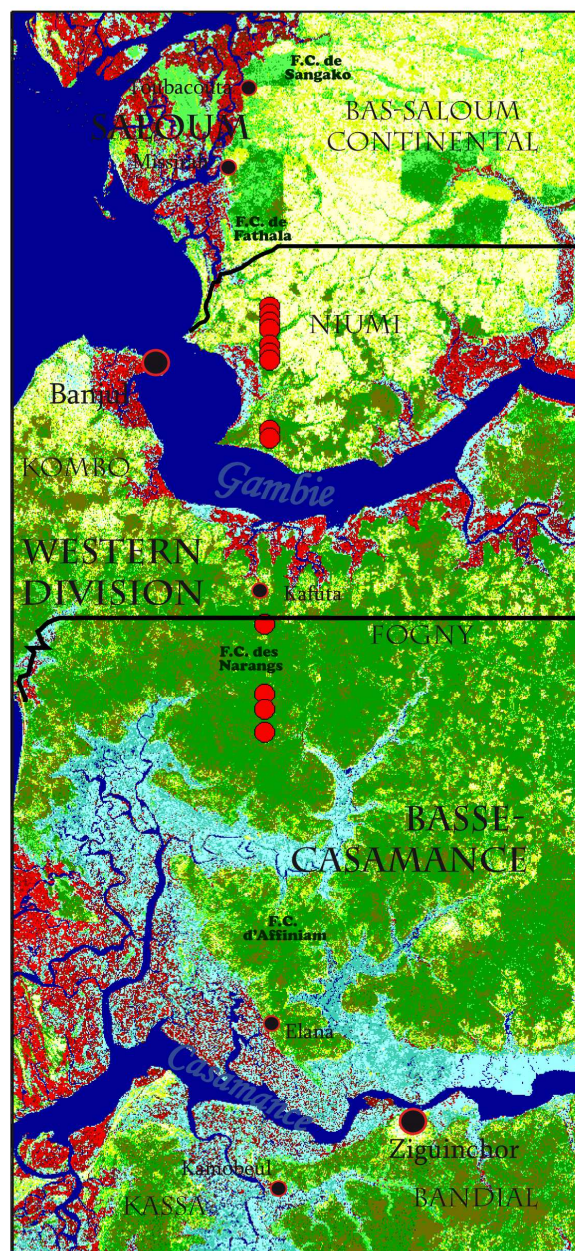


### Vasières

- Surfaces en eau
- Mangrove haute dense (*Rhizophora* sp.)
- Mangrove basse ouverte (*Avicennia africana*)
- Arrière mangrove déperissante
- Tannes
- Tannes ou Rizières de mangrove

### Terre ferme

- Boisements Très denses
- Boisements denses
- Boisements ouverts
- Boisements très ouverts
- Espaces peu boisés
- Espaces non boisés



● Présences de *Pericopsis laxiflora*

Figure 141 : Distributions de *Ziziphus mauritiana* et de *Pericopsis laxiflora*



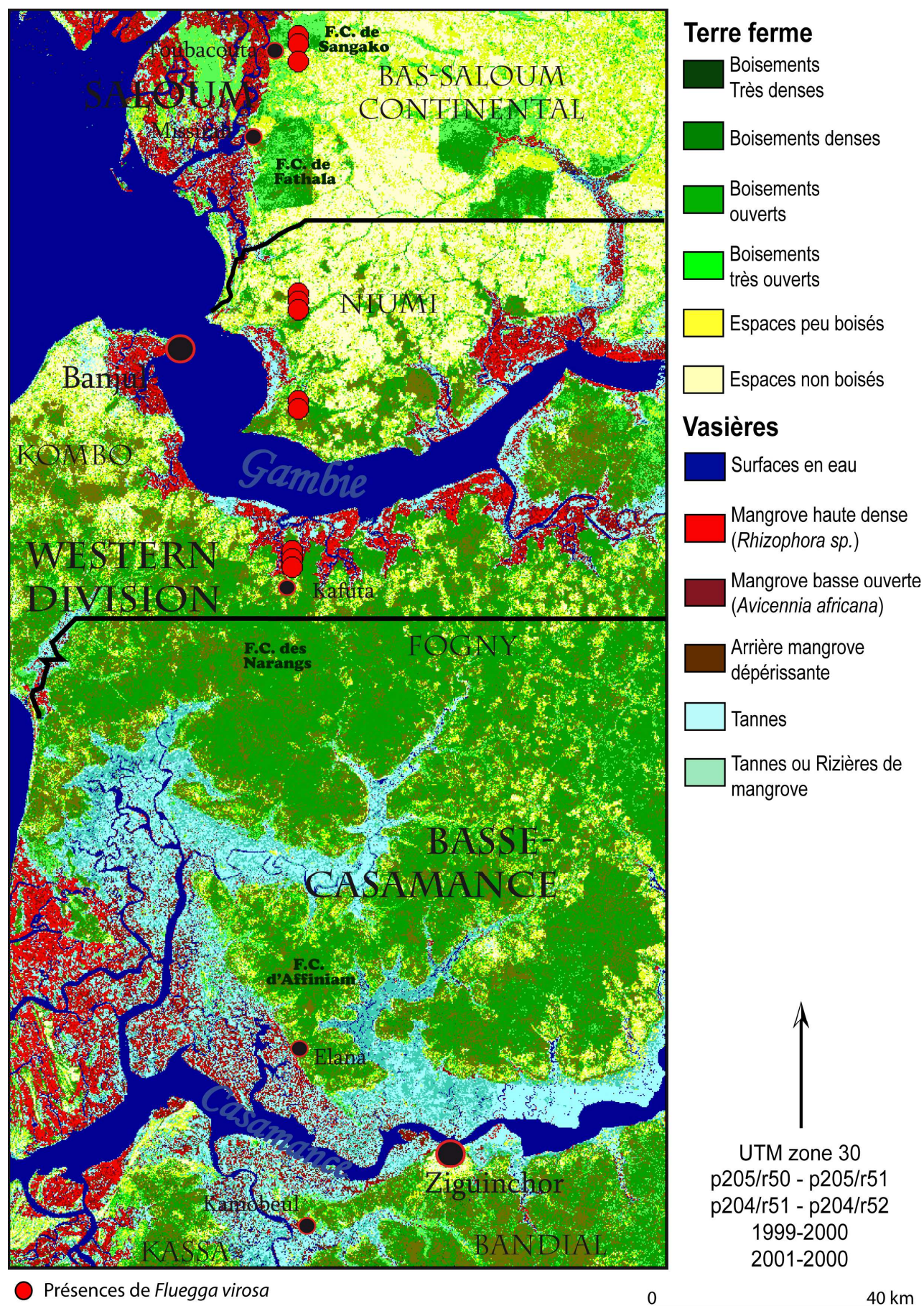


Figure 142 : Distribution de *Fluegge virosa*



### 6.1.2.2. Le genre *Rhizophora* sp. et les fluctuations de la salinité

#### Données pour la cinématique de la flore de mangrove.

Premièrement, on bénéficie des trois analyses ponctuelles sur le fleuve Gambie, le Delta de la Casamance et le Rio Cacheu. Ces relevés ont recensé pour chaque étage de la zonation, la proportion d'individus de chaque espèce sains, partiellement dépérissants ou morts sur pied, ainsi qu'une estimation de l'importance du renouvellement par les différents taxons. Ces données sont utilisées pour estimer les cinématiques, notamment en interprétation des cartes qui peuvent en être faites (figures 144, 145 et 146).

Deuxièmement, trois relevés ont été effectués dans des sites de régénération rencontrés au cours des missions de terrains. Le premier relevé sur l'île de Mar, dans l'est des îles du Gandoul, le second sur l'île de Poutake, entre les îles du Saloum et les îles Betenti, à l'embouchure du Diomboss et le troisième en rive du fleuve Casamance à proximité du village de Brin. Ces trois relevés ont fait l'objet d'une description du peuplement et d'une interprétation des physiologies des différentes espèces.

#### Augmentation de la salinité et dépérissement

De nombreux peuplements mono-spécifiques de *Rhizophora mangle* de haut d'estran du nord du delta du Saloum connaissent (figure 147a) un dépérissement massif, collectif et quasi-instantané. L'espèce présente donc une sensibilité élevée aux conditions pédologiques (liées à la fois au climat, à l'hydrologie et à la topographie). Dans d'autres cas, on peut observer des formations partiellement dépérissantes (figure 147c), où une majorité des arbres présentent une partie de leurs branches avec des feuilles vertes et tous les symptômes d'une activité végétale normale, et d'autres branches sèches, sans feuillage. (figure 147b). Cette deuxième forme est commune aux deux espèces principales *Rhizophora mangle* et *Rhizophora racemosa*.

En Gambie (figure 144), le dépérissement total de l'individu n'a jamais lieu à l'étage de la rive. Le dépérissement partiel à cet étage n'a été relevé que sur trois relevés (9, 10 et 11). À l'étage intermédiaire, le dépérissement total ne concerne que quelques individus au relevé 17, le dépérissement partiel occupe tous les individus au relevé 25, une majorité aux relevés 2 et 17 et quelques uns aux relevés 1 et 15. Dans le Rio Cacheu (figure 146), le dépérissement total n'est important qu'à l'étage de la rive du relevé 19, et pour quelques individus des étages intermédiaires et hauts des relevés 22, 19 et 16. Le dépérissement partiel est important en rive dans le relevé 19, ainsi que dans les relevés 13 et 1, il est y également présent dans les relevés 14, 16 et 17. Dans les étages intermédiaires et hauts, il est majoritaire au relevé 17 et présent aux relevés 9, 13, 17, 19, 20, 21, 22 et 23. Ces deux estuaires sont donc peu touchés.

En Casamance (figure 145), le dépérissement total de *Rhizophora* sp. est pour la rive majoritaire au relevé 20 et présent aux relevés 5, 17 et 30. Aux étages intermédiaires et hauts, il est présent aux relevés 1, 2, 3, 16 et 22. Le dépérissement partiel des individus en rive est majoritaire aux relevés 17 et 30 et présent aux relevés 12, 16, 20 et 25. Aux étages intermédiaires et hauts, il est présent à une grande majorité de relevés, les plus touchés étant les relevés 6, 7, 12, 21 et 25. Le dépérissement est donc nettement plus important.

*Rhizophora racemosa* est parfois dépérissant en rive, cependant, toujours avec une régénération (l'espèce est indéterminable par le trop jeune âge), ou par un ensemble mixte de plantules d'*Avicennia africana* et de *Rhizophora* sp. Or, dans les deux cas de figure, tout laisse à penser que si les *Rhizophora racemosa* adultes dépérissent, les jeunes plantules de la même espèce dépériront également et on peut supposer qu'il s'agit dans ces cas là du remplacement de cette espèce qui est la plus exigeante par l'une de ses deux concurrentes moins exigeantes et plus adaptées aux fortes salinités. Ce processus très rarement observé dans le delta du Saloum est fréquent en Casamance.



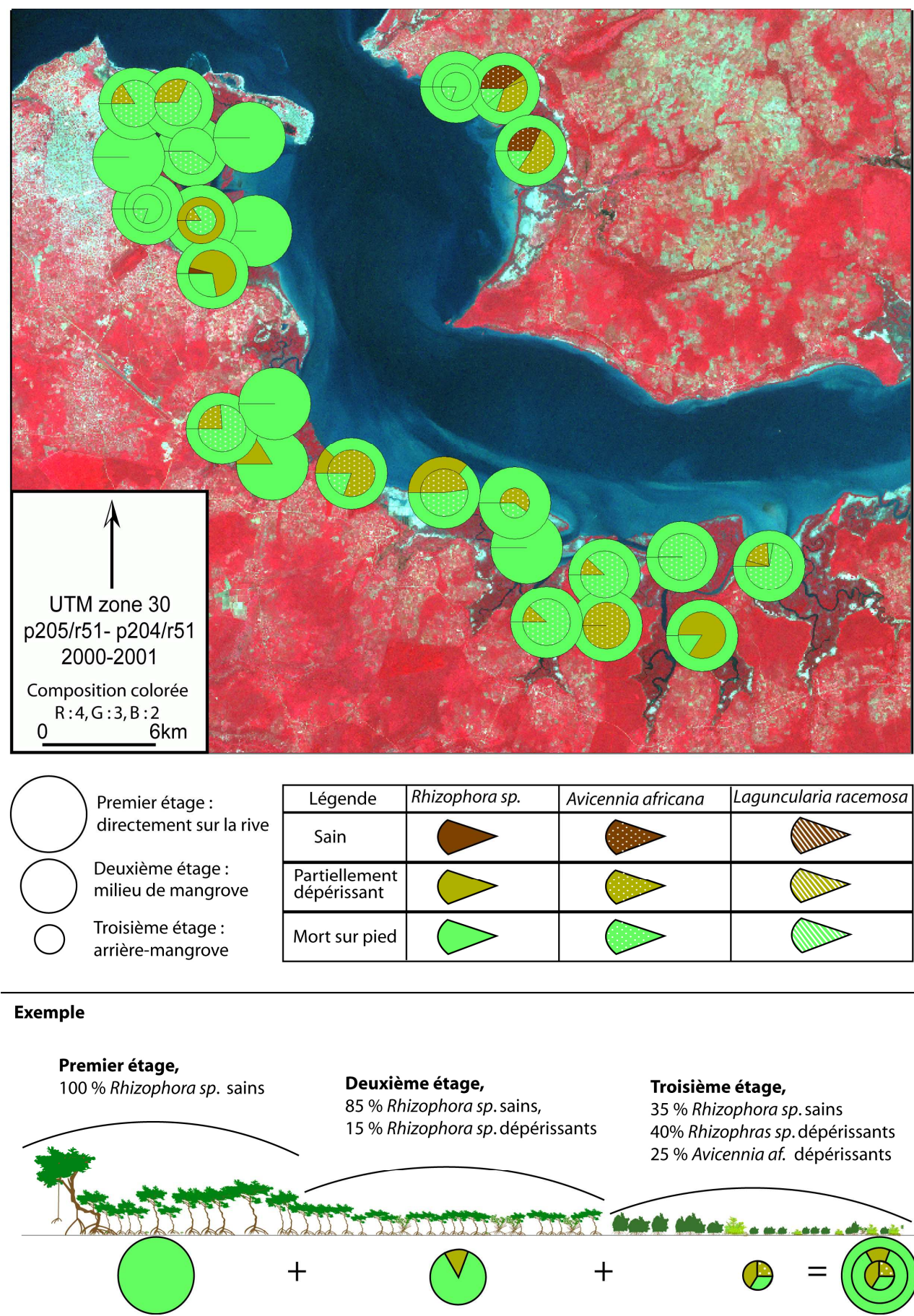
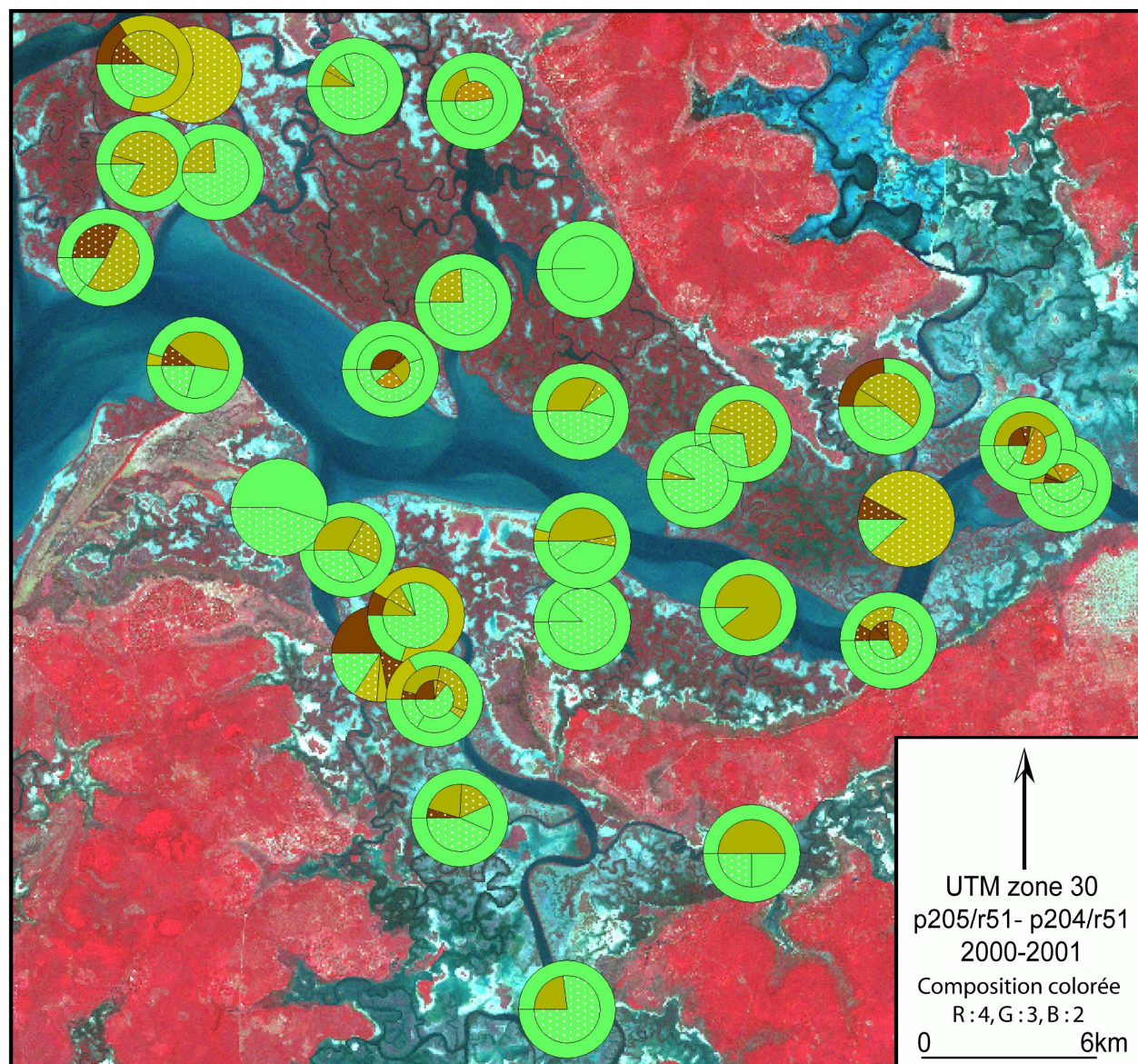


Figure 143 : Déperissement différentiel des espèces en Gambie





	Légende	<i>Rhizophora sp.</i>	<i>Avicennia africana</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>
	Premier étage : directement sur la rive			
	Deuxième étage : milieu de mangrove			
	Troisième étage : arrière-mangrove			
	Mort sur pied			

**Premier étage,**  
100 % *Rhizophora sp.* sains

**Deuxième étage,**  
85 % *Rhizophora sp.* sains,  
15 % *Rhizophora sp.* dépérissants

**Troisième étage,**  
35 % *Rhizophora sp.* sains  
40% *Rhizophoras sp.* dépérissants  
25 % *Avicennia af.* dépérissants

**Exemple**

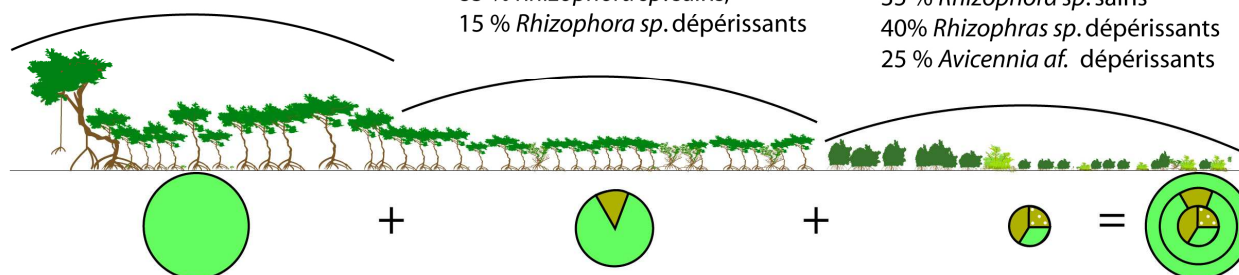
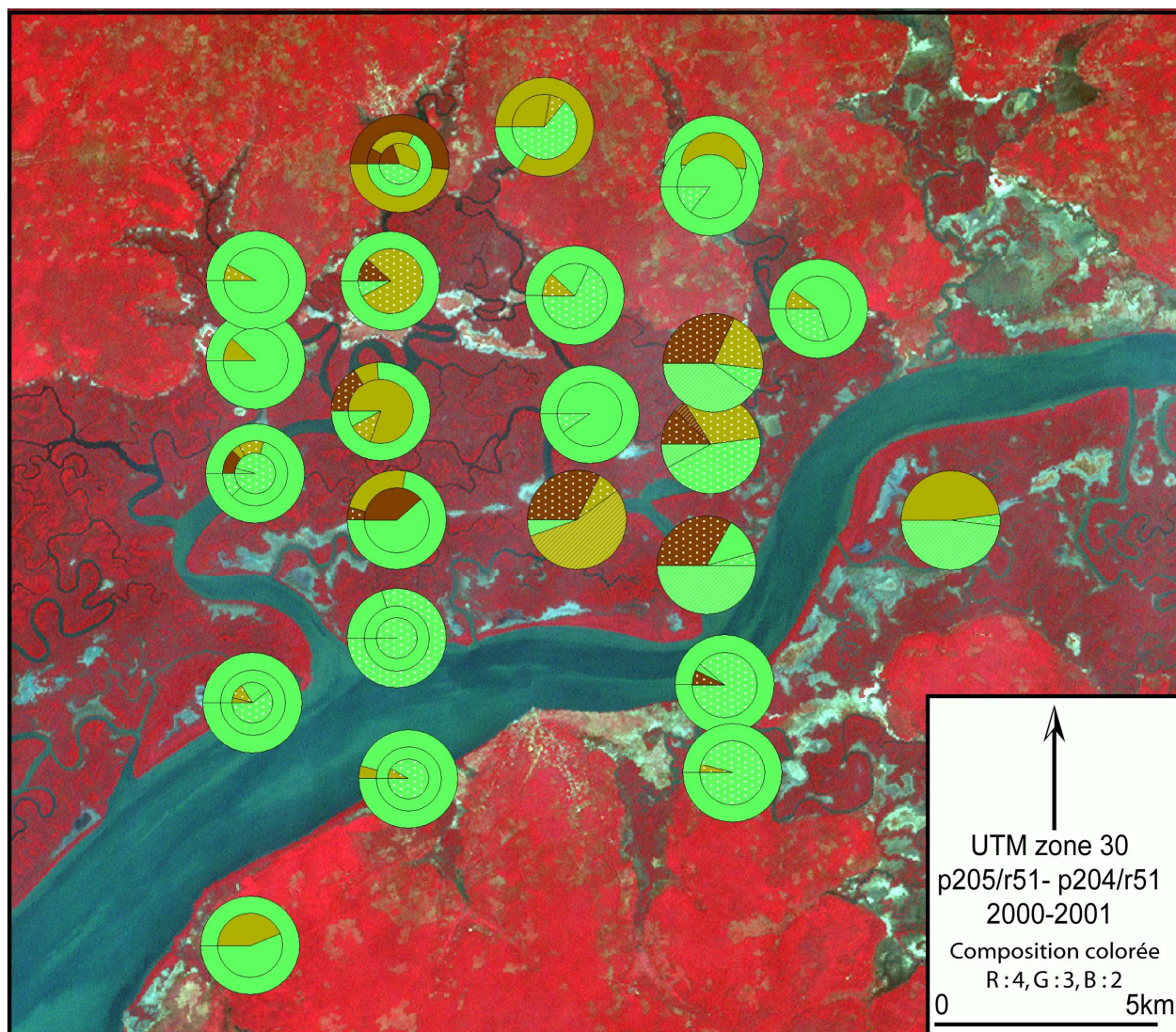
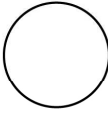













Figure 144 : Dépérissement différentiel des espèces en Casamance





	Légende	<i>Rhizophora</i> sp.	<i>Avicennia africana</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>
 Premier étage : directement sur la rive	Sain			
 Deuxième étage : milieu de mangrove	Partiellement déperissant			
 Troisième étage : arrière-mangrove	Mort sur pied			

#### Exemple

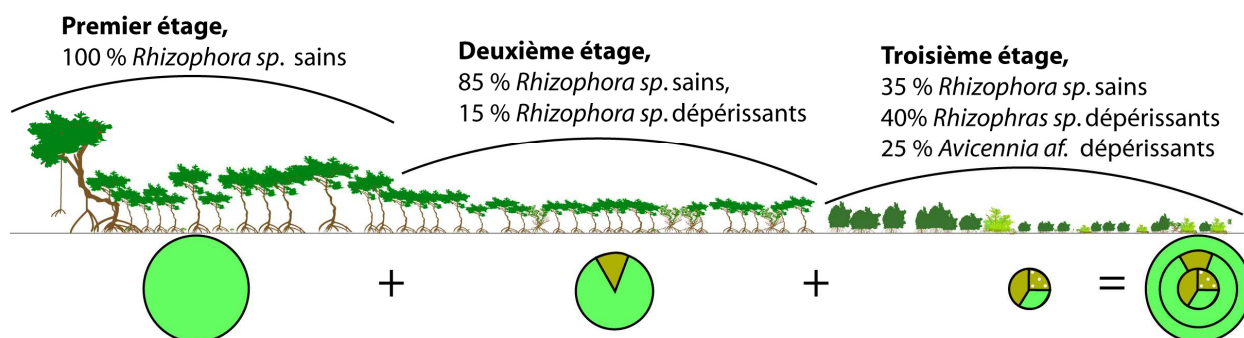


Figure 145 : Déperissement différentiel des espèces dans le Rio Cacheu





A : Dépérissement de *Rhizophora mangle* arbres morts sur pied. (Affiniam, Casamance, Sénégal)  
B : Dépérissement de *Rhizophora mangle* et survivance de *Avicennia africana* (Affiniam, Casamance, Sénégal)  
C : Formation à *Rhizophora mangle* partiellement dépérissante (Elinkine, Casamance, Sénégal)

**Figure 146 : Dépérissement du genre *Rhizophora***





A : Ensemencement de *Rhizophora* sp. dans un secteur de reconquête du tanne (Brin, Casamance, Sénégal)

B : Lisière progressive d'arrière mangrove à *Rhizophora racemosa* (Falia, îles du Saloum, Sénégal)

C : Dépérissement des jeunes arbustes de *Rhizophora mangle* de l'arrière mangrove (Bassar, îles du Saloum, Sénégal)

**Figure 147 : Cinématiques de *Rhizophora* sp. en arrière-mangrove**



De façon similaire, en arrière mangrove, on retrouve des formes de dépérissement diffus de *Rhizophora mangle*. Les arbustes ou petits arbres de *Rhizophora mangle* dépérissants sont au milieu de jeunes plantules de *Rhizophora sp.* dans le Saloum et mixtes avec celles d'*Avicennia africana* en Casamance (figure 148c). Or, dans ces secteurs, *Rhizophora mangle*, se présente sous forme de petits buissons d'autant plus petits qu'ils se retrouvent hauts sur l'estran. Or, ces buissons ne montrent quasiment jamais un état de sénescence partielle, leur mort semble subite dans la majeure partie des cas. En effet, les limites entre tannes et mangrove dans le delta du Saloum sont caractérisées par un processus d'ensemencement de *Rhizophora mangle*. Cet étage de haut d'estran est un lieu de dépôts de propagules à la saison des pluies et durant les mois qui l'encadrent. Un assez grand nombre des propagules réussissent à se développer dans ces milieux assez contraignants. Une partie d'entre elles ne survivent pas à la première saison sèche, et toutes meurent après quelques années. Ainsi, par une interprétation rapide du paysage, la limite tanne mangrove apparaît comme une lisière qui progresse vers le tanne avec des jeunes pousses qui semblent conquérir le tanne. Cependant un examen plus attentif montre les très grandes quantités de jeunes plantules ou de jeunes arbustes d'un à cinq ans morts sur pieds (figure 148b, c).

### ***Diminution de la salinité et ensemencement***

Dans les secteurs étudiés pour la régénération, *Rhizophora sp.* réapparaît sur les tannes via un ensemencement nouveau (figure 148a). Sur l'île de Mar dans le nord-ouest du Saloum, le paysage de la zone de progression est constitué de mangroves buissonnantes à *Rh. mangle* au centre d'une île périodiquement inondée. Le reste de l'île est caractérisé par un peuplement stable, de taille modeste. Comme on peut le voir sur la 146a, la pyramide des âges est équilibrée depuis les plus jeunes strates d'âge, les jeunes pousses de moins d'un an, aux strates d'âges les plus grandes en ce site, estimées à une dizaine d'années. Ce peuplement de *Rhizophoras sp.* est irrégulier, horizontalement et verticalement. On ne note pas d'effet de lisières de progression depuis les mangroves stables encerclant le tanne en régénération. La mangrove ne présente aucune marque d'une action anthropique ayant mené à la disparition du couvert végétal. L'étage de la zonation correspond au mieux, dans le Saloum à une arrière-mangrove buissonnante (cf. profondeur du micro-chenal indiquant l'altitude sur l'estran). L'île étudiée n'est pas habitée en son centre donc pas concernée par le pâturage ou par l'exploitation de ses lisières hautes. En revanche si aucune marque d'action anthropique n'est relevée, les souches issues du dépérissement sont assez nombreuses, permettant d'affirmer que le déboisement est comme dans le cas précédent lié à la sécheresse et à la sur-salinisation du milieu. Quant à la régénération, si elle était due à un reboisement, le peuplement serait équienne et régulier horizontalement, ce qui n'est pas le cas.

Il s'agit donc de propagules issues des mangroves alentour qui ont été déposées progressivement et qui depuis quelques années survivent et permettent la création progressive d'une nouvelle couverture végétale. Le processus exactement similaire a été étudié à Brin (en rive sud du Fleuve, un peu à l'aval de Ziguinchor) pour les *Rhizophora sp.*

*Rhizophora sp.* est donc un taxon très sensible aux modifications pédologiques. En cas de sur-salinisation, son dépérissement est partiel ou total, pouvant toucher l'ensemble d'un peuplement équienne, dépérissant, de façon subite et simultanée. Les sites sur-salés bénéficient cependant d'un ensemencement important, les propagules étant non seulement bien déposées mais connaissant une très bonne survivance les premiers mois, voire les premières années. Ainsi les zones hyperhalines présentent la trompeuse apparence d'une lisière progradante avec un semis de jeunes plantules vers le tanne, cependant ces jeunes plantules sont condamnées à dépérir au bout de quelques mois ou années. Néanmoins, en cas de lessivage suffisant des sols, cet ensemencement vain se transforme en une grande capacité de reconstitution du peuplement.

## **6.1.2.3. *Avicennia africana* et les fluctuations de la salinité**

### ***Augmentation de la salinité et dépérissement partiel***

À la limite du tanne, on retrouve systématiquement des formations buissonnantes très ouvertes. *Avicennia africana* y est assez fréquemment partiellement dépérissant (figure 149d), et présente souvent des



branches mortes et un ou deux rameaux encore verts (figure 149a). Les phénomènes de dépérissement collectif et immédiats ne semblent pas toucher *Avicennia africana*, seulement concerné par des formes de dépérissement plus diffus et plus progressif, la plante est longuement et progressivement dépérissante avant de disparaître (figure 149b). *Avicennia africana* est donc beaucoup plus résistant que *Rhizophora sp.*

*Avicennia africana* possède une capacité d'accommodation très grande qui mène à la création de ports arbustifs extrêmement rabougris et de taille infime (figure 149c). On retrouve, dans les secteurs les plus salés, des souches avec une ou deux branches rampantes présentant quelques feuilles (figure 149d).

En Gambie (figure 144), où *Avicennia africana* n'est présent qu'aux étages les plus hauts, il a été relevé mort sur pied sur deux relevés (15 et 16), et partiellement dépérissant dans de nombreux relevés, mais de façon massive pour les seuls relevés aux deux mêmes relevés ainsi que les relevés 1, 4, 9, 10, 15 et 16. Dans le Rio Cacheu (figure 146), le dépérissement total d'*Avicennia africana* a été observé aux relevés 5, 7 et 10 pour une large part du peuplement et de façon moins importante pour les relevés 6, 4, 16, 17, 18. Le dépérissement partiel est très important pour les relevés 6, 18 et a été également observé aux relevés 3, 7, 10, 12, 13, 17, 18, 21, 22 et 14. Le dépérissement de cette espèce dans les deux estuaires aux sols les moins salés est donc moyennement important.

En Casamance (figure 145), le dépérissement d'*Avicennia africana* n'est que très rarement total (quelques individus des relevés 2, 3, 15, 16, 20, 25, 28 et 30). Le dépérissement partiel est en revanche important. Il touche une majorité des peuplements des relevés 5, 4, 9, 16, 27, 28, 29 et 30, ainsi qu'un grand nombre d'autres relevés.

Si en Casamance on retrouve un certain nombre de secteurs où *Avicennia africana* remplace *Rhizophora sp.*, dans le Saloum, ce phénomène n'existe pas, sauf exception. Sur 26km de relevés traversant le Delta du sud au nord avec le recensement de près de 4000 individus végétaux, on n'a pu recenser qu'un seul et unique site présentant une réelle régénération d'*Avicennia africana* par ensemencement et développement de jeunes pousses.

Ce site possédait la particularité d'être de topographie très plane, assez haute et séparée du chenal pas une microfalaïse. On y trouvait des *Avicennia africana* de taille moyenne (1,5 à 1,75 m) en peuplement ouvert, sur un tapis continu de *Sesuvium portulacastrum*. Les jeunes pousses formaient un effectif assez dense avec, apparemment, toutes les strates d'âges. Quelques autres sites ont pu être recensés pendant d'autres missions, tous sont à la limite de l'estran et de la terre ferme, tous présentaient de très grands arbres au port arboré et tous présentaient un tapis de *Sesuvium portulacastrum*. Il semble donc que dans le delta du Saloum, *Avicennia africana* soit dans la quasi incapacité de se régénérer. Les seules formations où *Avicennia africana* présente des jeunes plantes viables sont extrêmement hauts placées sur l'estran. Un des processus du dépérissement des mangroves dans le Saloum est le comportement d'espèce relique d'*Avicennia africana* qui, dans des conditions « normales » devrait se régénérer sous lui-même, et là où *Rhizophora sp.* disparaît.

*Avicennia africana*, comme tous les palétuviers, produit des propagules vivipares, c'est-à-dire que la plante est prête à la germination au moment où elle se détache de l'arbre. L'avantage pour l'espèce est la possibilité d'un processus très rapide de conquêtes de nouveaux bancs de vase. L'inconvénient est que la propagule ne possède qu'une très faible espérance de vie. Une trop longue exposition au soleil, un assèchement ou simplement quelques jours sans être enterrée suffisent à la mort de la propagule. L'autre caractéristique de la propagule est d'être d'une densité égale à celle de l'eau saumâtre. Si l'eau est trop salée, donc trop dense pour une condition optimale de vie, la propagule flotte. Cette stratégie d'adaptation qui permet à l'espèce de ne déposer ses propagules que dans le milieu optimal pourrait expliquer la lacune de régénération d'*Avicennia africana* dans l'ensemble des vasières du Saloum.

La première hypothèse est donc que les eaux trop salées ne permettent pas à *Avicennia africana* de déposer ses propagules, qui soit sont emportées par le courant et flottent, soit meurent en raison d'une trop longue exposition au soleil. La deuxième est que comme l'affirment Dahdouh-Guebas et Koedam (2000) à propos des mangroves du Banc d'Arguin, seuls les *Avicennia africana* de plus de 1 m de haut sont en mesure de produire des graines fertiles.

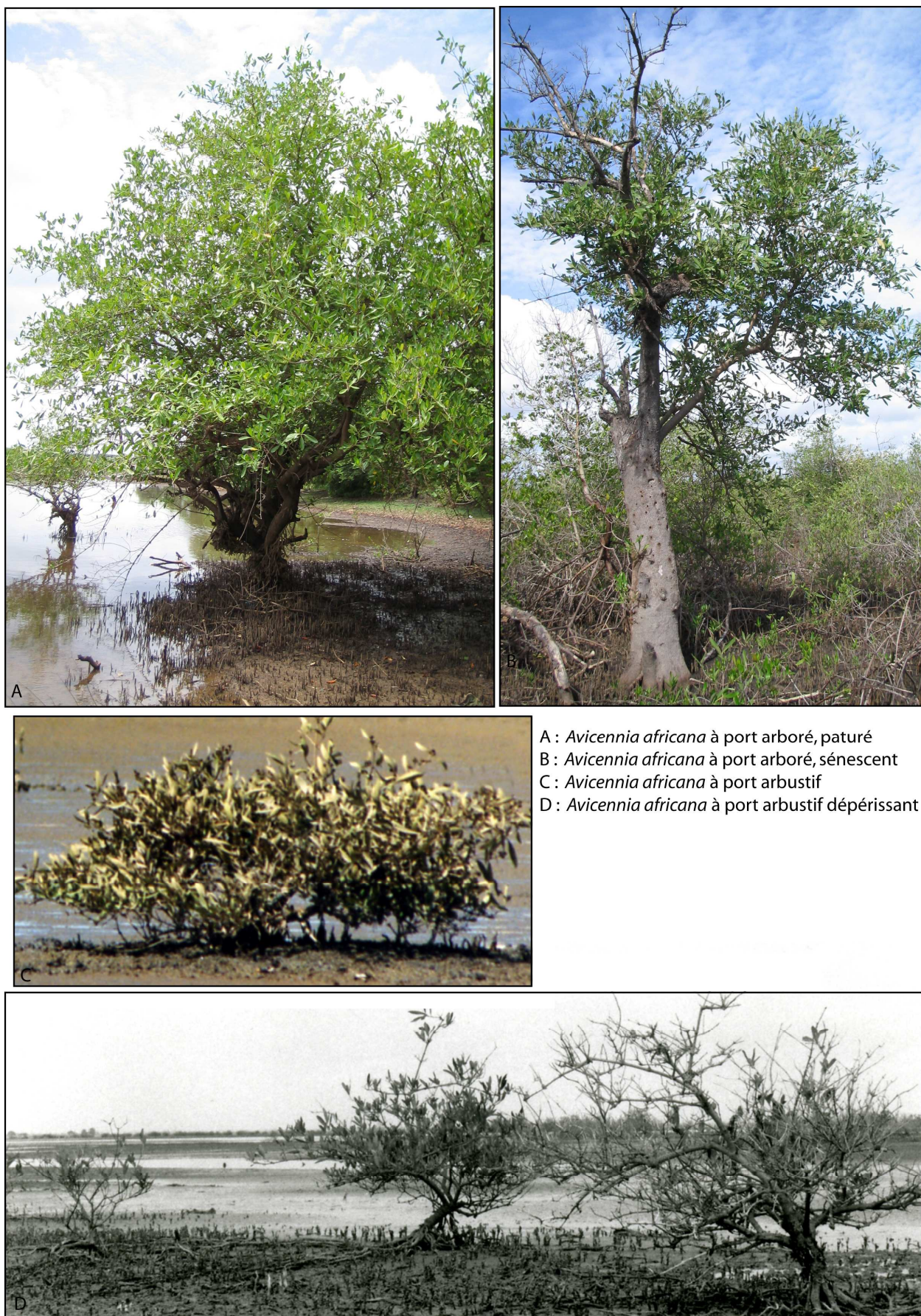
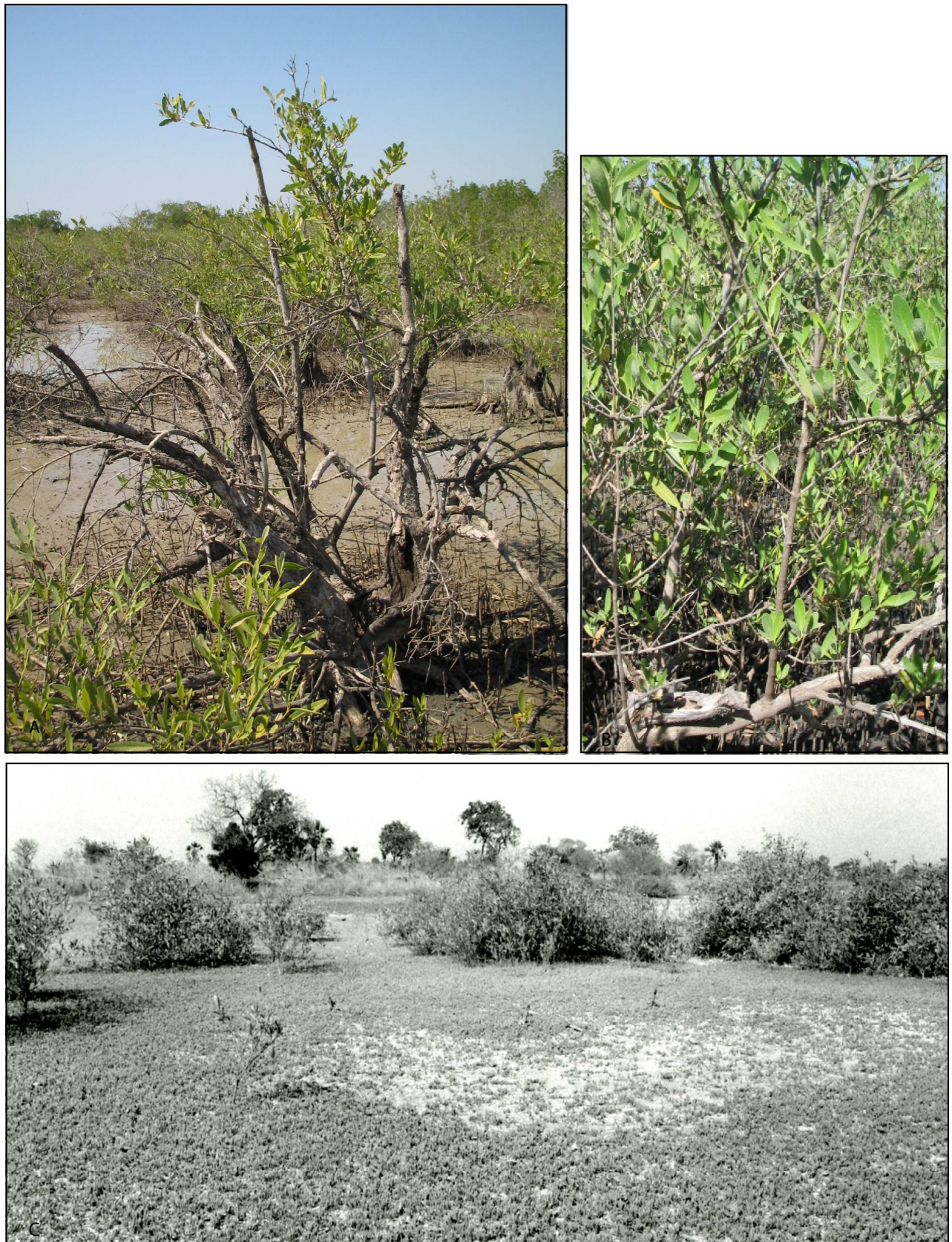


Figure 148 : Dépérissement de *Avicennia africana*





A : Rejet de souche depuis un arbuste (Elana, Basse-Casamance, Sénégal)  
B : jeune rameau en rejet de souche (Brin, Basse-Casamance, Sénégal)  
C : Site de régénération d'*Avicennia africana* (Bassoul, îles du Saloum, Sénégal)

**Figure 149 : Régénération de *Avicennia africana***



### *Diminution de la salinité et rejet de souche*

Sur, l'île de Poutake (à l'embouchure du Diomboss entre les îles du Saloum et les îles Betenti dans le Saloum), la progression est liée à *Avicennia africana*. L'est de l'île de Poutake, au contact entre le tanne et la mangrove stable, présente un peuplement mono-spécifique d'*Avicennia africana* buissonnant très bas. Le peuplement est composé de trois types d'individus. Des buissons bas présentent un tronc tortueux et assez épais, témoin d'un âge nettement supérieur à ce que semble indiquer la taille du buisson. Ces buissons très peu nombreux semblent avoir maintenu une activité ces dernières années et pourraient avoir été présents et en activité à la fin des années 1980. Deuxièmement, apparaissent un certain nombre de buissons morts sur pied ayant dépéri il y a plusieurs années. Troisièmement, apparaissent certains buissons ont rejeté de souche. On observe en effet, figures 150a et 150b, une branche droite et saine qui part d'une souche tortueuse et au bout de laquelle se trouvent encore des branches mortes.

Le site de Brin, en plus d'un ensemencement récent par *Rhizophora* sp., connaît la présence d'arbustes dépérissants ayant récemment rejeté de souche.

*Avicennia africana* est une espèce bien plus souple que ne le sont les différentes espèces du genre *Rhizophora* présentes dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud ; en effet, sa capacité d'accommodation est nettement supérieure. Les individus acquièrent facilement un port buissonnant, très bas, voire des formes de nanisme marquées. Cependant, en cas de retour à des conditions plus favorables, les souches sont encore viables et voient le développement de jeunes rameaux qui s'élancent et redonnent en quelques années une couverture végétale à des peuplements apparemment totalement décimés. Cependant, *Avicennia africana* présente une fragilité dans sa stratégie d'ensemencement, pourtant si pertinente dans des conditions de faible salinité des eaux. En effet, la flottaison d'*Avicennia africana*, de densité égale à l'eau moins salée que celle de l'Océan, permettant à la propagule de n'être déposée que dans les secteurs les plus favorables, joue grandement en sa défaveur dans le delta du Saloum où les eaux sont très salées et où les propagules sont toujours emportées par la marée faute de piège à sédiment, tel un tapis dense de pneumatophores ou une couverture de *Sesuvium portulacastrum* (figure 150c).

#### **Cinématique de la flore (6.1.2)**

Nous avons donc un certain nombre d'exemples de réaction directe de la mangrove à une fluctuation du climat. La mangrove composée de peu d'espèces montre des réactions importantes pour les principales d'entre elles *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa* et *Avicennia africana*. Ces réactions concernent tant la péjoration de la pluviosité à la fin des années 1960 que son rétablissement (fut-il partiel) au milieu des années 1990. Ces cinématiques liées aux fluctuations climatiques sont d'autant plus remarquables qu'on ne leur trouve aucun corollaire en terre ferme. En effet, seules deux ou trois espèces semblent soutenir l'hypothèse d'une migration significative.

Cependant, si nous n'avons pas pu mettre directement en évidence l'influence des fluctuations climatiques sur la flore de terre ferme, nous n'avons pas les données pour conclure définitivement à une absence d'influence (imperfections des techniques employées et données de faible résolution spatiale). Ensuite, les fluctuations du climat si elles n'ont pas mené à d'importants changements en terre ferme, ont pu mener à des changements de pratiques agricoles, pastorales ou forestières, lesquelles ont modifié les paysages.

#### **Cinématiques de la végétation : aspects phénologiques et floristiques (6.1)**

L'analyse des séries temporelles de NDVI issu de NOAA nous a permis d'observer des fluctuations du NDVI sur ces vingt dernières années que l'on semble pouvoir relier à la reprise des pluies que l'Afrique de l'Ouest a connue durant la période étudiée. Il est donc possible de supposer que l'activité chlorophyllienne avait décru avec la péjoration du climat.

Les mangroves des deltas hyper-halins sont particulièrement sensibles aux fluctuations du climat, la sécheresse provoquant un dépérissement commun à plusieurs espèces, ainsi que des

modifications phénologiques sur la germination qui pourraient, par ailleurs, avoir des conséquences tout aussi grandes que le dépérissement direct. Le dépérissement des mangroves et la tannification peuvent être clairement mis en relation avec la sécheresse des années 1969-1994. Ce résultat, bien que déjà démontré (Marius, 1985 ; Sadio, 1992) permet surtout de confirmer le suivant. La progression de la pluviosité provoque la régénération des formations qui le peuvent et la recolonisation d'espaces totalement déboisés.

Les fluctuations climatiques ont probablement joué un rôle important dans le fonctionnement de la végétation en terre ferme, sur sa productivité, voire sur sa vulnérabilité comme semblent l'indiquer les fluctuations du NDVI. Cependant, on n'a pas pu mettre en évidence un impact important des fluctuations du climat sur la distribution de la flore de terre ferme.

## 6.2. Cartes et quantification des changements

Le NDVI dont on avait supposé qu'il pourrait indiquer également des modifications de l'occupation du sol ne l'a pas permis, faute de résolution spatiale et temporelle assez fine. Cependant, ces modifications de l'occupation du sol sont examinées par les images multispectrales, traitées dans ce but précis.

Pour cela, la méthode de cartographie de l'occupation du sol sur les images satellites anciennes, expliquée au chapitre 3, est identique à celle qui a permis la cartographie des espaces boisés au paragraphe 5.1.1 selon une simple distinction des espaces boisés et non boisés, pour les vasières et pour la terre ferme. Trois périodes sont ici cartographiées puis mises en croisées pour une carte des changements et enfin comparées pour les indicateurs, permettant de savoir si les changements vont dans le sens d'un état meilleur ou pire. Une fois encore, les échelles d'analyses sont multiples car d'une part c'est à l'échelle macro-régionale que l'on observe le bilan global (6.2.1), et, d'autre part, c'est à l'échelle micro-régionale que des profils homogènes de types de changements ont été mis en évidence (6.2.2).

### 6.2.1. Cinématique de la couverture boisée à l'échelle macro-régionale

La lecture de la carte à l'échelle macro-régionale doit nous permettre de dresser le bilan global des cinématiques de la structure spatiale des paysages. Dans un premier temps les deux cartes anciennes seront rapidement analysées et comparées à la carte récente. (6.1.1.1). Dans un deuxième temps, c'est la carte des changements qui sera présentée et analysée (6.1.1.2), avant d'insister sur les données quantitatives de ces changements (6.1.1.3).

#### 6.2.1.1. Analyse des cartes d'occupation du sol antérieures

On a décrit (5.1.1) l'occupation du sol au début des années 2000. On s'intéresse ici aux différences que présentent les cartes d'occupation du sol de la fin des années 1980 et de la fin des années 1970 avec celle du début des années 2000. Sans anticiper la cartographie des changements qui facilite leur analyse. Il s'agit ici de débiter par l'analyse, aux trois dates, de la structure spatiale de la couverture du sol.

### *L'occupation du sol à la fin des années 1980*

Dans sa globalité, l'occupation du sol à la fin des années 1980 (figure 151) semble ne pas avoir beaucoup changé au début des années 2000 (figure 94). Les changements qui apparaissent à cette échelle par comparaison visuelle semblent minimes. On retrouve en terre ferme, à cette date aussi, la distinction du Nord peu boisé et du Sud densément boisé. Cependant c'est tout de même les modalités de la transition entre ces deux grands ensembles qui constituent ce qui apparaît comme la principale modification de la structure spatiale de l'occupation du sol. La division est, en effet, rendue plus flagrante par le caractère extrêmement peu boisé des secteurs au nord du delta du Saloum. Cependant, si l'on se concentre sur les points forts de cette occupation du sol, la structure reste sensiblement identique.

On retrouve en mangrove les mêmes ensembles de tannes et rizières : le nord du Saloum et les secteurs à l'amont du delta de la Casamance, en opposition aux mêmes massifs de mangrove. Cependant, on voit quelques différences dont la principale et seule à être notable à l'échelle macro-régionale concerne le massif de mangrove casamançais, nettement plus important et continu.

### *L'occupation du sol à la fin des années 1970*

Si l'on remonte encore plus loin dans le temps, la carte (figure 152) montre que la structure spatiale macro-régionale était déjà en place pour la mangrove à la fin des années 1970. En revanche, les boisements de terre ferme ont changé de façon plus remarquable. En effet, à la fin des années 1970, le Sine est totalement déboisé, le Bas-Saloum continental et le Niumi sont nettement plus boisés alors que du fleuve Gambie au Rio Cacheu, les surfaces pas ou peu boisées sont nettement plus importantes. Si la différence entre le Nord peu boisé et le Sud largement boisé reste évidente, elle s'est donc renforcée avec le temps. La mangrove, si elle a connu des modifications, n'a pas vu évoluer sa structure à l'échelle macro-régionale.

## 6.2.1.2. Localisation des changements

### *Stabilité de la mangrove et stabilité des tannes et rizières de mangrove*

On distingue (figure 153) quatre grands ensembles de tannes ou de rizières stables : le nord du delta du Saloum, les parties amont de la Casamance, des secteurs de moyenne importance se retrouvent dans la partie médiane du Rio Cacheu et la partie amont du Rio Mansoa.

Les grands massifs de mangrove stables sont l'est des îles du Gandoul, les îles du Saloum, les mangroves de Gambie, l'ouest de la Casamance, l'embouchure du Rio Cacheu et du Rio Mansoa.

### *Régression de la mangrove*

La régression se présente sous la forme de cinq secteurs de forte régression et d'une multitude de tous petits secteurs de régression. Les quatre principaux secteurs sont tous situés dans les secteurs éloignés des embouchures des fleuves ne connaissant pas ou peu d'apports en eau continentale. Il s'agit du nord du Saloum, du chenal de Koular sur la rive nord de la Gambie, et des trois secteurs amont de la Casamance, le Nord, et tout particulièrement le Nord-Est, l'amont du fleuve au-delà de Ziguinchor et le chenal d'Oussouye et ses affluents.

Ensuite de façon moins importante, le Nord bissau-guinéen présente un certain nombre de secteurs de régression sous forme de superficies moyennes isolées. Enfin, le Saloum et la Casamance sont également accompagnés de nombreux secteurs de légère régression sous forme de lisières entre mangrove et tannes.



# Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud

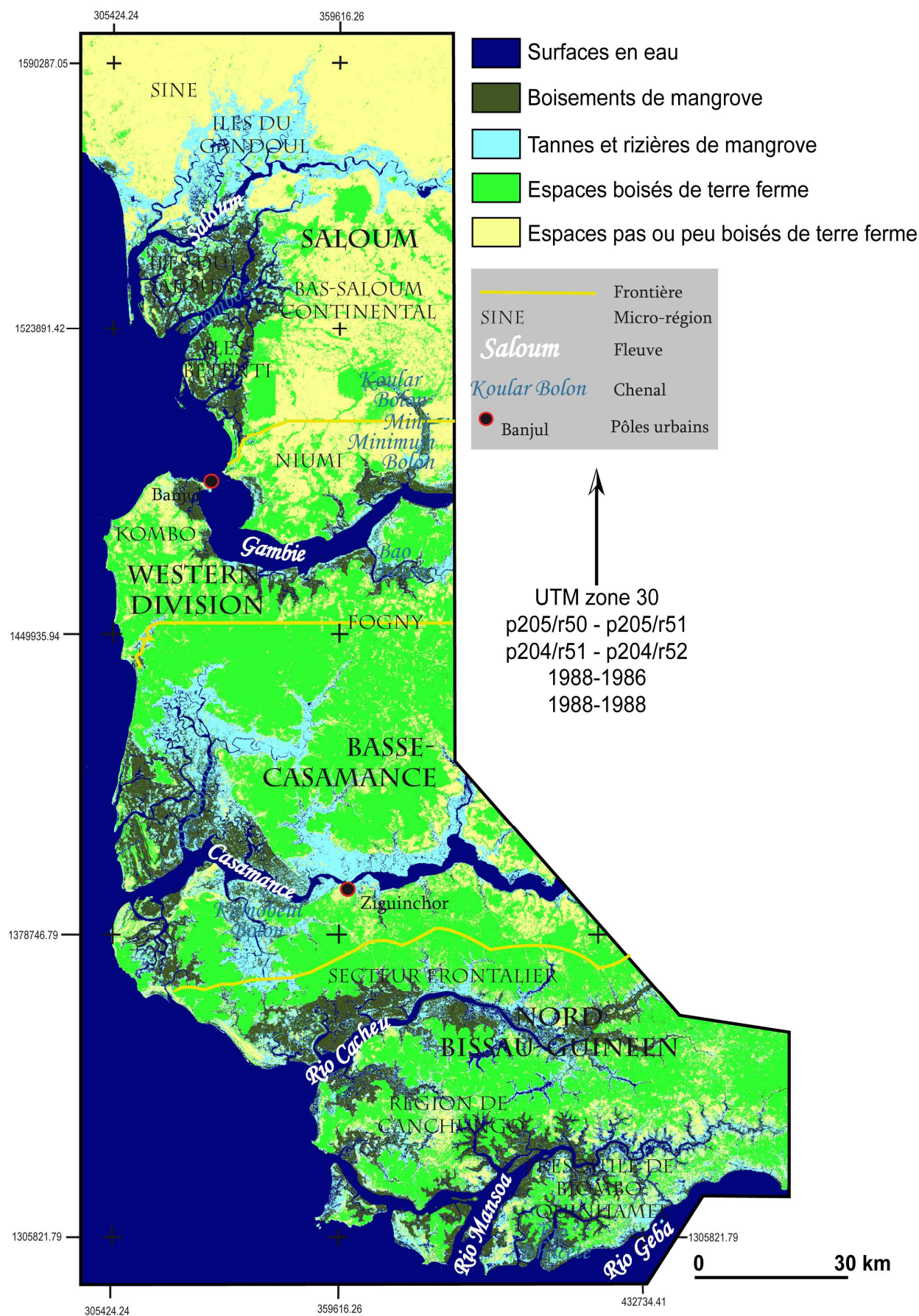


Figure 150 : Carte de l'occupation du sol à la fin des années 1980



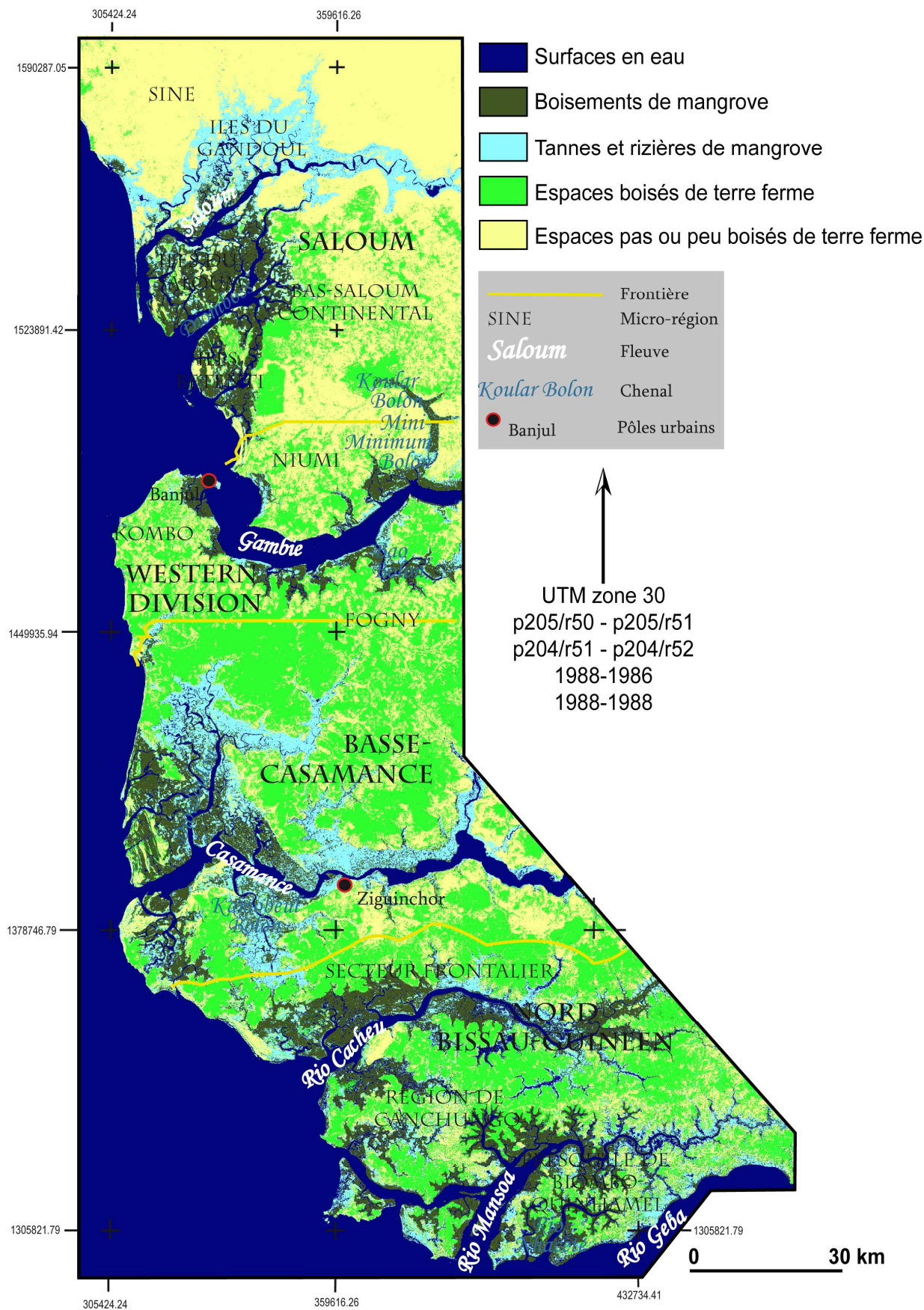


Figure 151 : Carte de l'occupation du sol à la fin des années 1970



# Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud

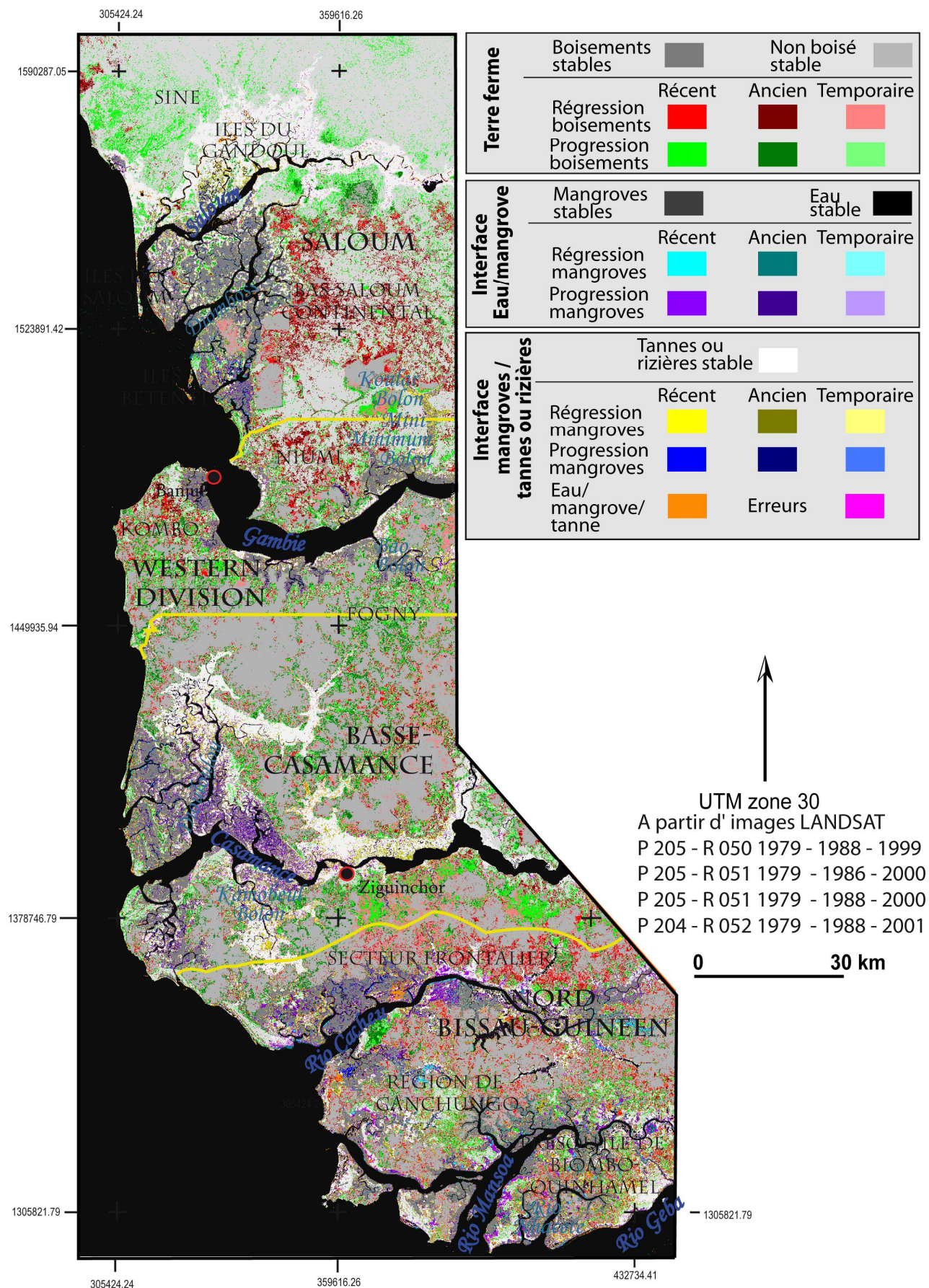


Figure 152 : Carte des changements de l'occupation du sol



### *Progression de la mangrove*

La progression de la mangrove est importante dans trois secteurs, il s'agit de l'ouest des îles du Saloum, de la Casamance rive nord, entre Ziguinchor et le Diouloulou, et des rives du Rio Mansoa.

### *Stabilité des boisements de terre ferme et des espaces non boisés*

Les grands boisements stables sont au niveau de la frontière Gambie – Casamance, les Kalounayes, la frontière, Casamance – Guinée-Bissau. Les forêts classées du Bas-Saloum, les secteurs éloignés des villes et des estuaires en Guinée-Bissau. Les grands secteurs non boisés aux trois dates sont le Nord et tout particulièrement le Nord-est, le Bas-Saloum continental entre Kaolack et Sokone ; le Nord du Niumi, le secteur de Canchungo et les rives du Rio Mansoa en amont. On remarque sous cette stabilité les grandes villes : Banjul, Bignona, Ziguinchor, Bissau.

### *Régression des boisements de terre ferme*

La régression des boisements de terre ferme est assez régulièrement répartie sur la carte. La principale zone est dans le Bas-Saloum et le Niumi. Ensuite on remarquera au nord-est du Rio Cacheu, une nébuleuse dans le reste du Nord bissau-guinéen. Enfin, les rives des chenaux de Casamance en rive nord notamment, ainsi que le Kombo, sont marqués par d'assez importantes superficies de progression qui s'organisent en mosaïque.

### *Progression des boisements de terre ferme*

Outre le Kombo et les secteurs proches des chenaux en Casamance, on pourra distinguer un premier ensemble en taches de petites tailles très diffuses dans la région du Sine. Ensuite, la forêt classée de Baria semble s'être « refermée ». La Rive sud de la Casamance, notamment vers l'amont, présente de très grandes surfaces de progression. Un grand massif à l'ouest de Cacheu présente une progression. La rive nord du Rio Mansoa comprend un grand nombre de petites tâches de progression.

## 6.2.1.3. Quantification des changements

On voit sur le tableau 17 que la cinématique principale (une fois ôtée l'eau stable qui ne présente pas de réelle signification) est la stabilité des boisements de terre ferme (30,9 %) et celles des espaces de terre ferme non boisés (17 %). Ensuite, viennent la stabilité des tannes et rizières de mangroves (10 %) et celle des mangroves (9,8 %). L'image cumule donc près de 70 % de stabilité. 30 % des paysages en changements importants, puisque, rappelons-le, il s'agit du passage d'un état boisé à un état non boisé, qui constitue un bouleversement majeur de la structure des paysages. Si ces changements vont dans le sens d'une détérioration, la dégradation est en effet majeure. Plus précisément, on oppose en terre ferme 47,9 % stables à 21,6 % de changements et, en vasières 19,8 % stables à 8,7 % de changements. Il s'agit donc de proportions tout à fait comparables entre la mangrove et la terre ferme. Les deux domaines ont donc connu des transformations d'ampleur similaire.

	entre 79 et 86-88	entre 86-88 et 99-2000-2001
<b>(re)boisement de terre ferme</b>	9,2	11,0
<b>déboisement de terre ferme</b>	9,9	9,2
<b>boisement stable</b>	50,4	50,3
<b>non boisé aux deux dates</b>	30,6	29,5
<b>déboisement de mangrove (tannes ou rizières)</b>	10,3	5,9

reboisement de tannes par la mangrove	7,2	6,6
progression de la mangrove sur l'eau	3,1	1,2
progression de l'eau sur la mangrove	2,4	0,4
tannes ou rizières aux deux dates	39,3	43,8
mangrove stable	37,7	42,1

Tableau 17 : Importances en superficies des différentes cinématiques

### *Ce changement va-t-il dans le sens d'un déboisement ?*

Les trois cinématiques de régression en terre ferme : récente, ancienne et temporaire constituent 10,6 % de la zone étudiée, les trois cinématiques de progression en constituent 11 %. Le bilan de terre ferme est donc très faiblement positif. La terre ferme a donc connu entre la fin des années 1970 et le début des années 2000 une progression de ses boisements équivalant à 0,4 % de la zone étudiée.

Les sept cinématiques de régression de la mangrove (tannification récente, ancienne et temporaire, succession eau-mangrove-tanne, érosion des vasières et conversion de la mangrove en eau ; récente, ancienne et temporaire) correspondent à 4,2 % de la zone d'étude. Les six cinématiques de progression (conquête de mangrove : récente, ancienne ou temporaire sur des tannes, des rizières ou des surfaces en eau) correspondent à 4,5 %, une fois encore le bilan est très faiblement négatif. Les vasières ont connu entre la fin des années 1970 et le début des années 2000 une progression des mangroves équivalant à 0,3 % de la zone étudiée.

Ainsi, l'on voit que de 30 % de changements résultent 0,7 % de progression. Un rééquilibrage quasi parfait s'opère donc entre les superficies en régression et les superficies en progression. Il s'agit premièrement d'un rééquilibrage entre les changements opérés entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980 et ceux opérés entre la fin des années 1980 et le début des années 2000.

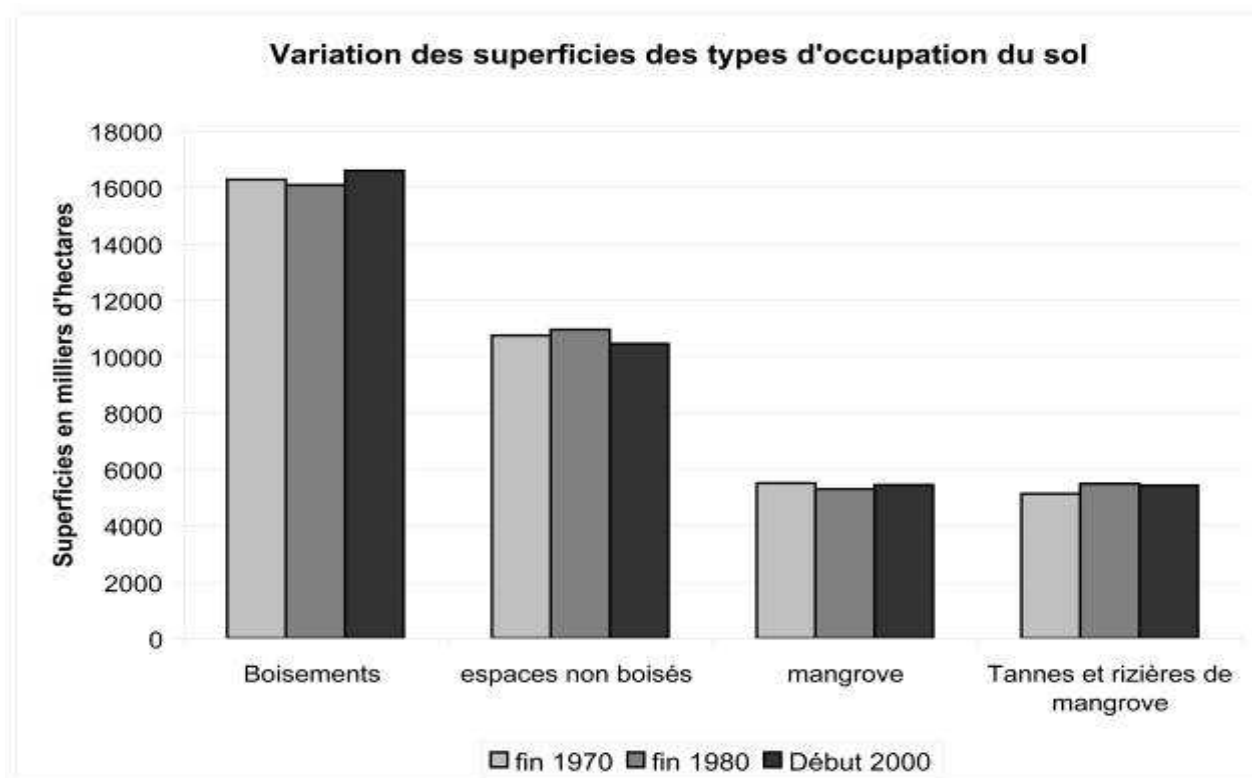


Figure 153 : Évolution des superficies boisées

On voit en effet, figure 154, que les superficies ont très peu évolué. Les régions septentrionales des Rivières-du-Sud présentaient un peu plus de 16 291 000 ha de boisements de terre ferme à la fin des années 1970. A la fin des années 1980, cette superficie avait diminué de 198 736 ha, et la couverture était réduite à un peu plus de 16 092 500 ha. Entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, 493 061 ha se sont boisés portant les superficies boisées à un peu plus de 16 585 500 ha, soit 294 325 ha de plus qu'à la fin des années 1970. Les évolutions des espaces non boisés de terre ferme ayant connu naturellement une évolution inverse.

Les mangroves couvraient, à la fin des années 1970, après une dizaine d'années de sécheresse, plus de 5 506 500 ha ; à la fin des années 1980, cette superficie avait diminué de 206 271 ha et la couverture était réduite à un peu moins de 5 300 500 ha. Entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, 156 164 ha se sont boisés, portant les superficies boisées à un peu plus de 5 456 500 ha, soit 50 107 ha de plus qu'à la fin des années 1970. Les évolutions des espaces non boisés des vasières, tannes et rizières de mangrove ont connu une évolution dont la tendance est la même, bien que le interface possible de la mangrove avec l'eau ou avec les tannes et rizières ne permette pas une exacte complémentarité des superficies.

Il s'agit également, au sein de chaque période, d'un rééquilibrage entre les surfaces de déboisements en certains lieux et celles de boisement ou de reboisement en d'autres lieux (tableau 17). Entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980, la très faible diminution des surfaces boisées de terre ferme correspond à un bilan très faiblement négatif entre 9,2 % de la terre ferme qui ont connu un reboisement et 9,9 % qui ont connu un déboisement. 81 % de la terre ferme sont restés stables, dont plus de 50% boisés. Le déficit des progressions et des régressions constitue les 198 736 ha cités ci-dessus.

Entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, l'augmentation également légère, bien que supérieure à la diminution entre la fin des années 1970 et le début des années 1980, résulte également d'un équilibre entre les surfaces en changement. En effet, le déboisement a ralenti pour ne concerner, pour la deuxième période, que 9,2 % de la terre ferme. Les secteurs de progression des boisements de terre ferme ont, en revanche, significativement augmenté puisqu'ils constituent 11 % de la terre ferme, le bénéfice correspond à 493 061 ha. La mangrove n'est stable que pour 39,3 % de la superficie des vasières, à laquelle s'ajoutent 37,7 % de vasières n'étant boisées ni à la fin des années 1970 ni à la fin des années 1980. Les 23 % du domaine des vasières qui ont évolué entre ces deux dates sont constitués de 12,7 % de régressions diverses contre 10,3 % de progressions. Notons que les cinématiques entre mangrove et tannes ou entre mangrove et rizières sont nettement plus importantes que les cinématiques entre eau et mangrove.

Entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, le domaine des vasières est plus stable. Les zones stables cumulées correspondent à 85,9 %. Les 14,1 % de changements sont une fois encore majoritairement liés à la frange haute des mangroves. Les 6,4 % de déboisement (tannification, endiguement et érosion) sont cette fois inférieurs aux 7 % de reboisement des tannes et des rizières et conquête de nouveaux bancs de vase. Le bilan est donc positif.

Ainsi, le premier constat est celui d'une grande instabilité mais d'un maintien de la structure globale, avec des changements entre 15 et 20 % pour chaque période. Cependant, paradoxalement à l'ampleur des changements, l'importance des superficies boisées reste inchangée puisque du bilan de près de 25 ans de changements importants ne résulte qu'une augmentation de moins de 300 000 ha. Ces superficies se rééquilibrent en effet doublement : d'une part, il y a un équilibre relatif pour chaque période et pour chaque domaine entre secteurs en progression et secteurs en régression, d'autre part, s'il y a régression entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980, une progression très légèrement supérieure a eu lieu entre la fin des années 1980 et le début des années 2000.



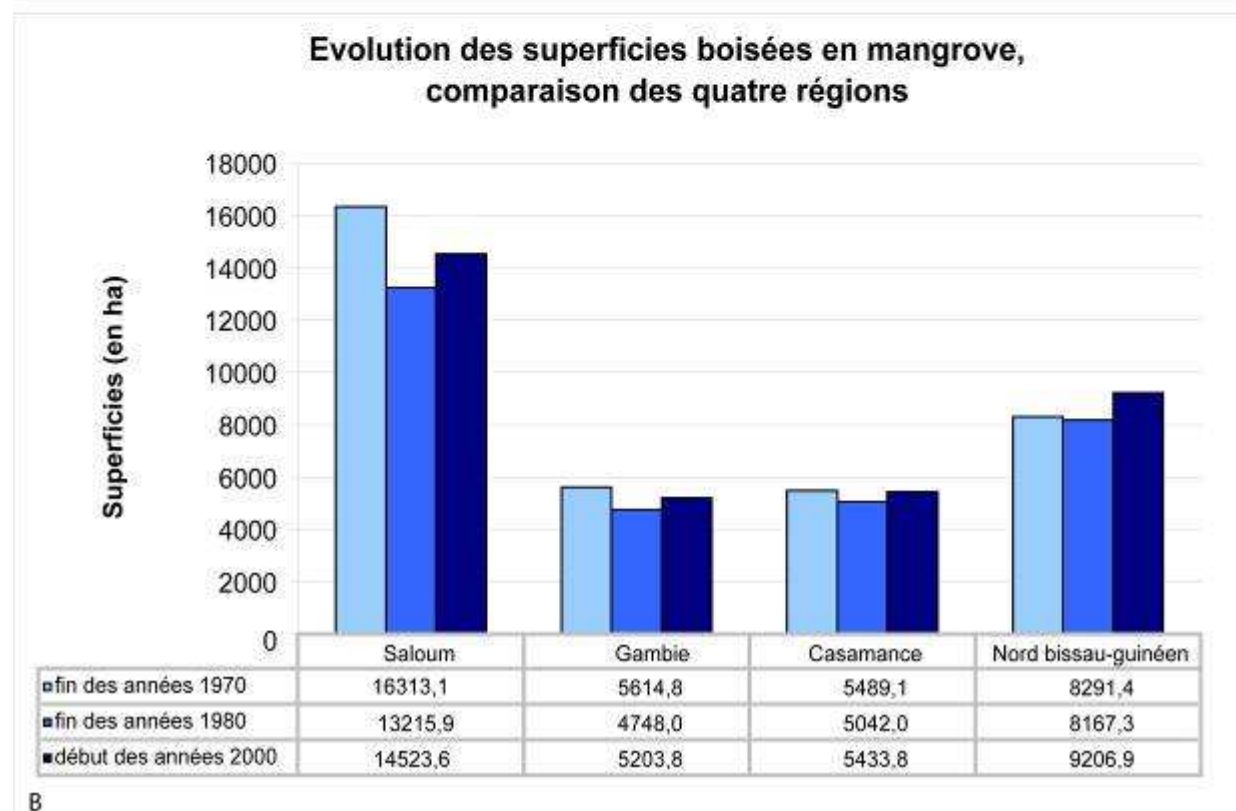
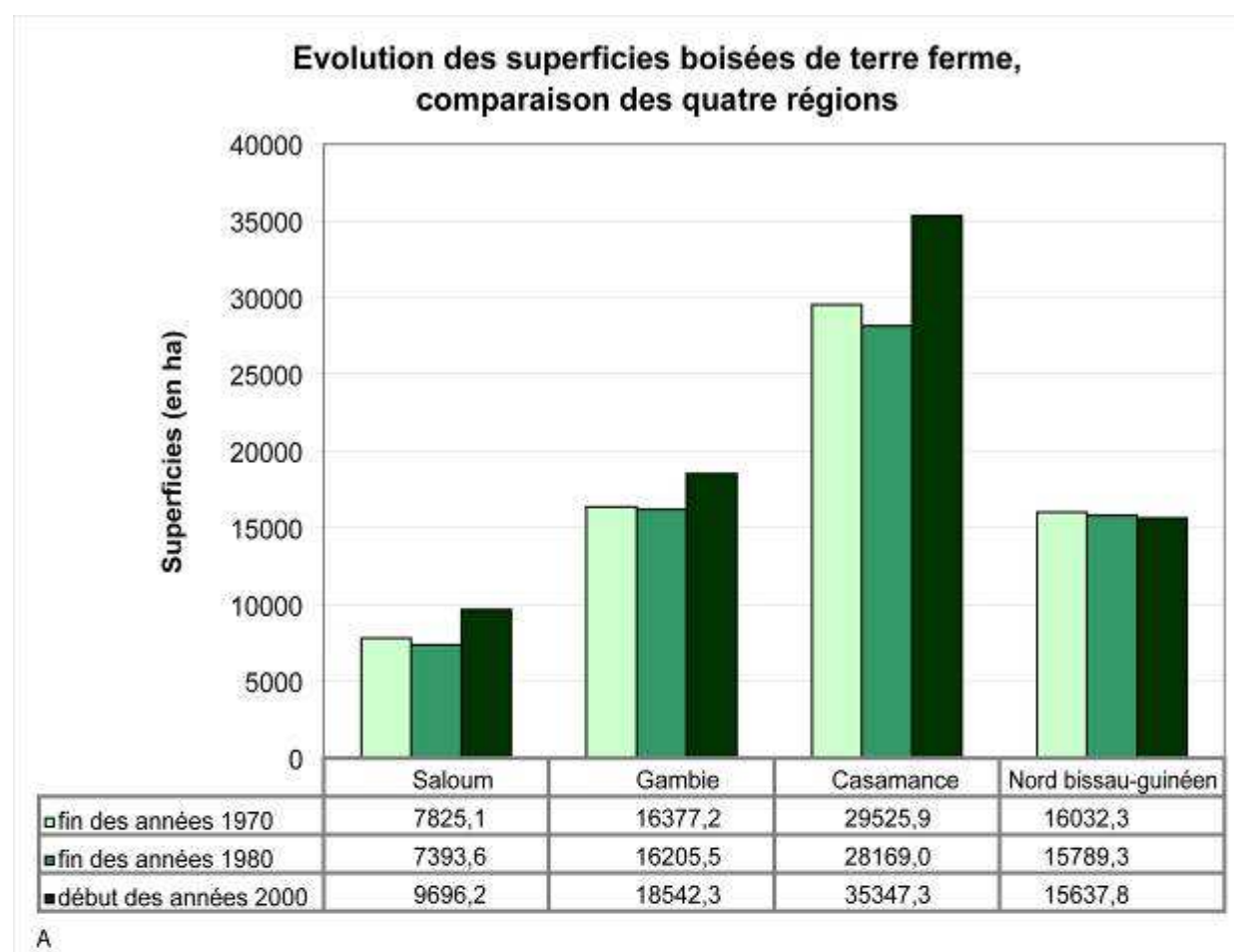


Figure 154 : Évolutions des superficies boisées en vasières et en terre ferme (de la fin des années 1970 au début des années 2000) pour les quatres régions

#### 6.2.1.4. Vue d'ensemble des régions

Avant de rentrer dans une analyse spatiale et quantitative région par région, il est nécessaire de présenter une rapide comparaison des grandes régions en vasières (figure 155a) et en terre ferme (figure 155b). En terre ferme, la région la plus boisée, qui a aussi le plus évolué dans ses superficies, est la Basse Casamance. Elle connaît une courbe conforme à la tendance d'ensemble décrite précédemment de régression des superficies entre les années 1970 et 1980 et une régénération entre les années 1980 et 2000, la régénération étant beaucoup plus forte que ne l'était la régression de la deuxième période. La Gambie nettement moins boisée car connaissant de moins grandes superficies de terre ferme, connaît une courbe de régression très faible puis de faible progression. Le Nord bissau-guinéen, dont les superficies boisées sont du même ordre de grandeur est d'une remarquable stabilité dans le total de ses superficies boisées. Le Saloum, la région la moins boisée des quatre, connaît à l'instar de la Casamance et de la Western-Division d'abord une phase de régression puis une phase de progression plus importante.

En vasières, les profils des quatre courbes sont, une fois encore, ceux d'une régression suivie d'une progression. L'ordre d'importance des régions en fonction des superficies en mangrove est l'inverse exact de celui des boisements de terre ferme si l'on prend en compte des boisements à la fin des années 1970. Le Saloum apparaît comme la principale région de boisements de mangrove ; sa courbe montre une très forte régression entre 1979 et 1988 et une progression importante, bien que moindre, entre 1988 et 1999. Le Nord bissau-guinéen connaît une régression quasi-nulle entre 1979 et 1988, puis, entre 1988 et 2000 une progression plus significative bien que modeste. La Gambie connaît une régression modeste dans la première période suivie d'une progression encore plus modeste. La Casamance, la région la moins boisée en mangrove, est aussi celle dont les superficies ont le moins évolué. On note une faible régression suivie d'une à peine moins grande progression.

##### **Cinématique de la couverture boisée à l'échelle macro-régionale (6.1.1)**

Les changements de l'occupation du sol sont très importants, s'élevant pour l'ensemble de la période à 30 % de changements. Ces changements, cependant, se compensent presque à chaque période entre des secteurs de progression et des secteurs de régression. Les principaux secteurs de changements de progression des mangroves sont le Rio Cacheu et le centre du delta de la Casamance. Ceux de régression de la mangrove sont les îles du Gandoul et les parties amont de la Casamance. Pour la terre ferme, les boisements reculent avant tout dans le Bas-Saloum et dans la région frontalière en Guinée-Bissau, alors qu'ils progressent dans le Sine et le Kassa.

Tant en mangrove qu'en terre ferme, cet équilibre quasi parfait se quantifie entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980 par une régression des superficies, alors qu'entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, il en résulte une légère progression. Seule l'occupation des sols en terre ferme dans le Nord bissau-guinéen ne connaît pas la reprise des superficies dans la deuxième période.

Ce premier ensemble de résultats sur les changements, loin de pencher vers une dégradation générale, montre un maintien des proportions qu'occupent les espaces boisés et non boisés ; la fragmentation n'a pas globalement augmenté. Cependant la lecture de la carte montre que les changements semblent présenter une certaine maille micro-régionale, chaque sous-région pouvant être décrite par un profil qui sera étudié ci-dessous, car si le bilan est positif à l'échelle macro-régionale, des bilans sous-régionaux peuvent présenter des marques de dégradation.

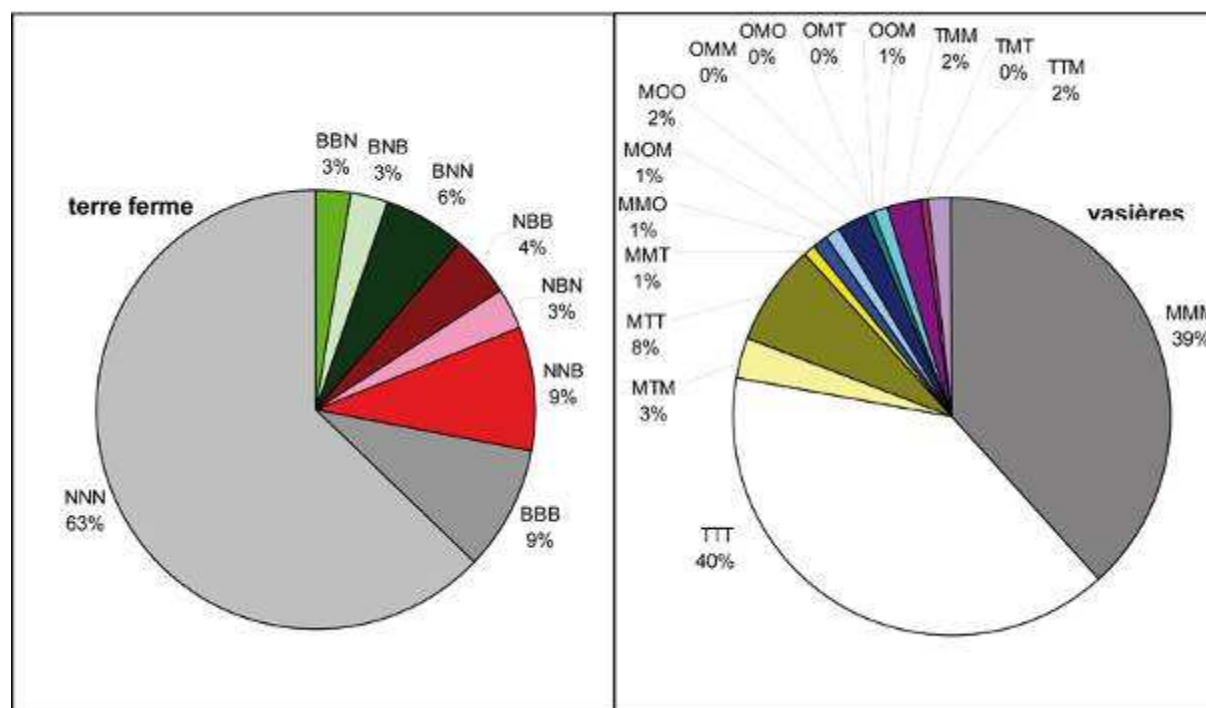
#### 6.2.2. Cinématique de la couverture boisée à l'échelle micro-régionale

La lecture de la carte montre que l'échelle de lecture la plus pertinente est micro-régionale où se distinguent des profils très marqués. Il s'agit donc, à cette étape du raisonnement, de savoir quelles régions semblent être caractérisées par une dégradation plus forte que l'ensemble de la région, et quelles régions, au contraire, montent des bilans encore plus positifs. Nous allons donc présenter des vues régionales de ce résultat,

en distinguant bien les cinématiques des paysages des vasières de celles des paysages de terre ferme. Ainsi, par la prise en compte des régions séparément et des deux domaines séparément, nous pourrions offrir une analyse beaucoup plus fine des changements dans les paysages. Nous présenterons les quatre régions depuis le Nord vers le Sud, soit le delta du Saloum (6.1.3.1), la Western-Division (6.1.3.2), la Basse-Casamance (6.1.3.3) et le Nord bissau-guinéen (6.1.3.4).

### 6.2.2.1. La cinématique de la couverture boisée dans le Saloum

Le bilan régional du delta du Saloum est celui d'une stabilité moyenne en terre ferme et assez faible en mangrove, avec pour ces deux écosystèmes une période de régression suivie d'une période de progression des surfaces boisées.



N : Espace de terre ferme non boisé ; B : boisements de terre ferme ; O : eau ; M : Mangrove ; T : tannes ou rizières de mangrove. NBN : Non boisé à la fin de années 1970, boisé à la fin des années 1980, non boisé au début des années 2000.

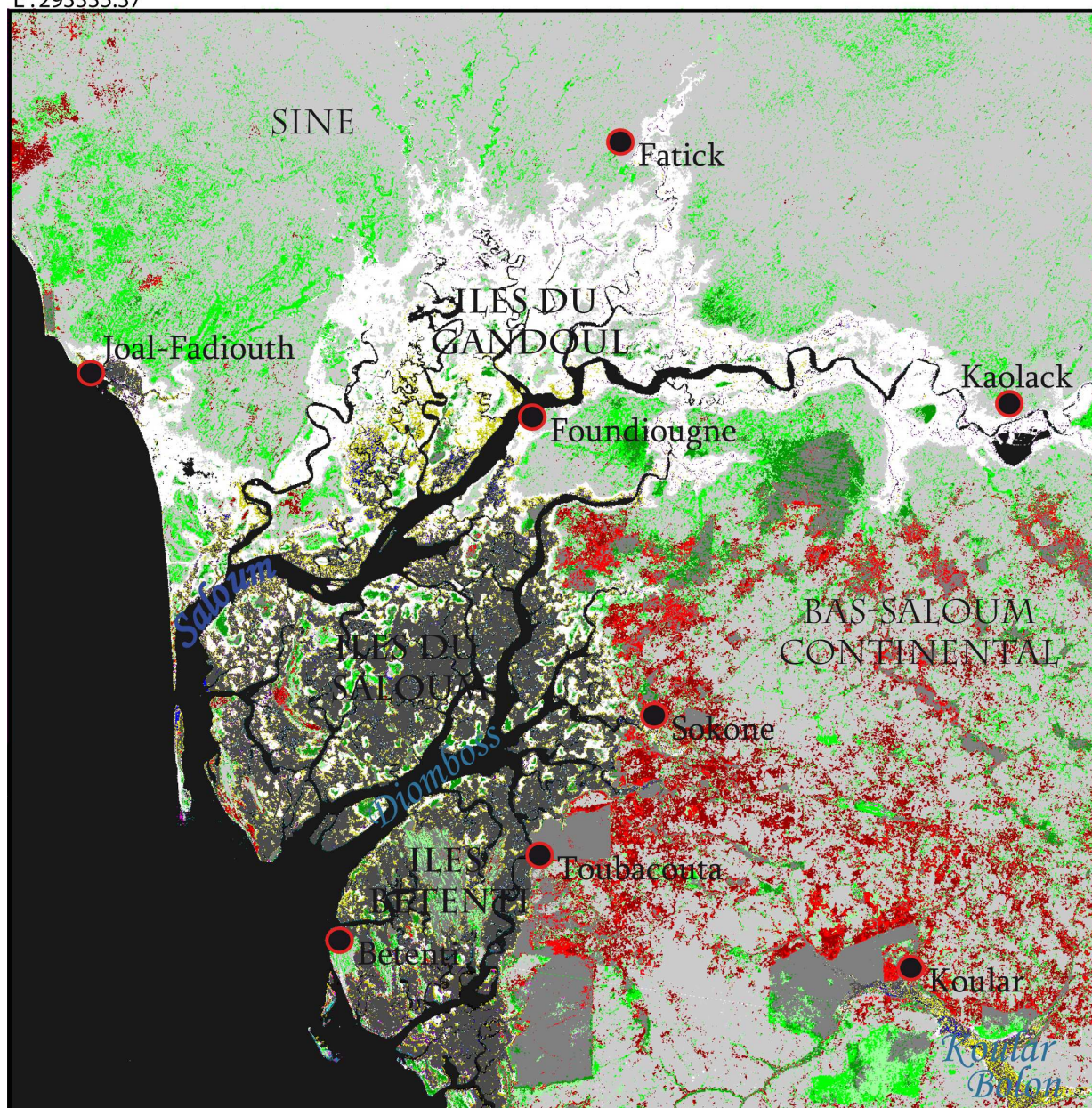
Figure 155 : Part des différentes cinématiques dans le Saloum

Ces secteurs (figure 156) permettent de tester la part de compensation des surfaces de régression et de progression en mangrove et en terre ferme dans la mise en place de ses bilans de superficies boisées. En effet, la terre ferme est stable aux trois dates pour 72 % de la zone alors que les régressions cumulent 16 % et les progressions 12 %. En ce qui concerne les mangroves, les 79 % de stabilité (40 % de tannes stables) font face aux 31 % de changement dont la moitié est constituée des processus de recul du boisement en faveur des tannes et les trois quarts de déboisements de toutes sortes.

Sur la carte, on voit que ces cinématiques sont concentrées dans des secteurs précis. Le reboisement de la terre ferme est très majoritaire dans le Sine et dans la partie nord du Bas-Saloum continental. Il est également très important dans les îles. Les secteurs de reboisement ancien sont moindres et situés dans des forêts classées du secteur de Foundiougne et dans les îles. Le reboisement récent est principalement localisé autour des secteurs de reboisement ancien.



N : 1596802.61  
E : 293335.37



N : 1500763.44  
E : 387279.82

Terre ferme	Boisements stables		Non boisé stable	
	Régression boisements	Récent	Ancien	Temporaire
	Progression boisements			
Interface Eau/mangrove	Mangroves stables		Eau stable	
	Régression mangroves	Récent	Ancien	Temporaire
	Progression mangroves			
Interface mangroves / tannes ou rizières	Tannes ou rizières stable			
	Régression mangroves	Récent	Ancien	Temporaire
	Progression mangroves			
Interface mangroves / tannes ou rizières	Eau / mangrove / tanne		Erreurs	

UTM zone 30  
A partir d'images LANDSAT  
P 205 - R 050 1979 - 1988 - 1999  
0 15 km

Figure 156 : Carte des changements de l'occupation du sol dans le Saloum

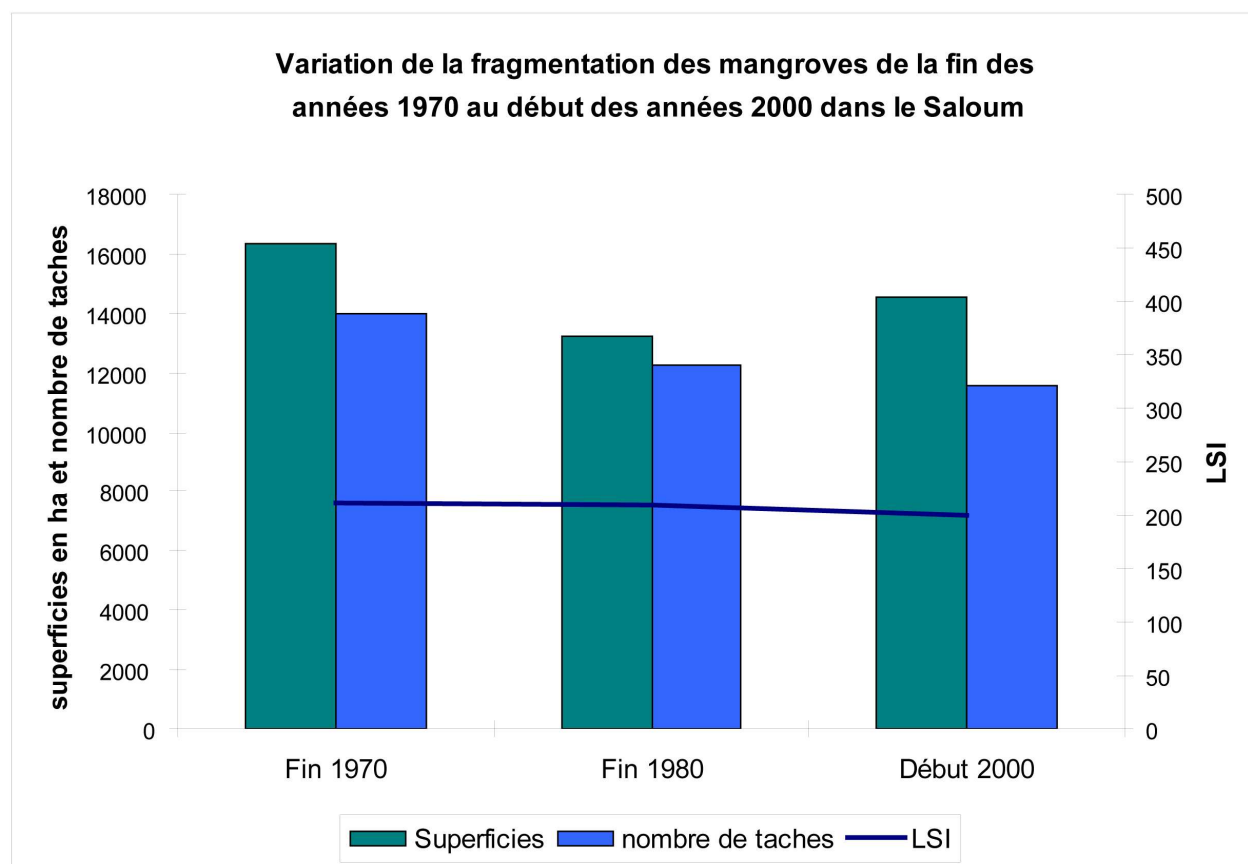
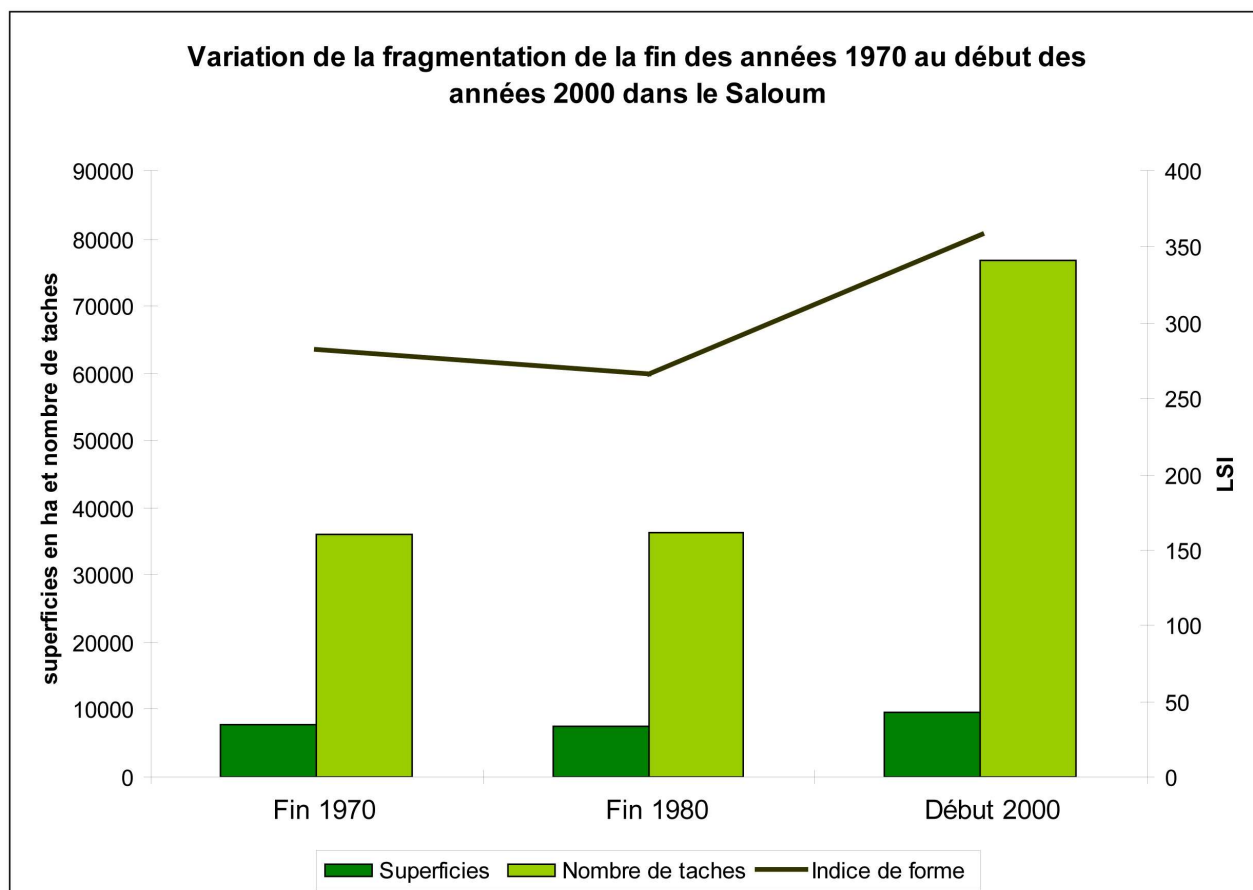


Figure 157 : Variation du niveau de fragmentation dans le Bas-Saloum



Cela illustre bien la présence de phénomènes de reboisement continu depuis la fin des années 1970 jusqu'au début des années 2000. Ils se localisent en grande partie dans les bas-fonds de toute la zone. Enfin, le Nord est occupé par un très grand nombre de toutes petites superficies de reboisement disséminées bien que plus densément distribuées à proximité du delta (figure 157).

Le déboisement de la terre ferme est extrêmement important autour des forêts classées les plus proches des mangroves. Deux grands ensembles denses et discontinus de surfaces de déboisement se remarquent : en un grand secteur englobant les forêts classées de Fathala, Sangako, Sokone. Ils se prolongent jusqu'à Foundiougne et jusqu'aux parties les plus proches des forêts classées de Patako et Koular et des secteurs ruraux au nord-est de ces forêts classées.

Le déboisement des mangroves en faveur des tannes (la riziculture de mangrove est absente dans le delta du Saloum) est très majoritairement situé au nord (ou juste au sud) du fleuve Saloum. On en dénote un certain nombre sous forme de lisières entre tanne et mangrove dans l'ensemble du delta. Le chenal de Koular connaît de très importantes surfaces de régression. D'importants secteurs de progression apparaissent dans la partie la plus océanique des îles du Saloum, ainsi que d'importantes superficies dans le sud du Delta. On voit que les surfaces de régression de la mangrove face à l'eau sont en fait les chenaux les plus fins cartographiés en mangrove par le satellite à faible résolution et où avec une résolution plus fine peuvent se distinguer chenaux et mangroves.

Concernant la fragmentation (figure 158), celle des mangroves du Saloum est d'une remarquable stabilité alors que celle des boisements de terre ferme a tout d'abord très légèrement diminué avant d'augmenter très fortement. La diminution résulte de l'élimination entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980 d'un certain nombre de petites taches de boisement dans le Bas-Saloum, la fragmentation résulte de la démultiplication des petites taches de boisement dans le Sine. Ainsi, si les superficies ont connu une régression, puis une progression, il s'agit de prendre en compte que les boisements reconstitués sont nettement plus fragmentés qu'ils ne l'étaient à la fin des années 1970.

Par ailleurs, les paysages des sous régions semblent connaître des trajectoires très contrastées et il paraît intéressant de s'interroger sur les bilans de ces sous régions indépendamment du bilan régional.

En ce qui concerne la terre ferme, le Bas-Saloum continental, dont les superficies sont nettement plus importantes que les quatre autres sous-régions, connaît la tendance générale d'inversion de la cinématique. Les îles Betenti connaissent elles aussi cette trajectoire, bien qu'avec des fluctuations beaucoup plus modestes. Les îles du Saloum ont, en revanche, connu la trajectoire inverse. La progression des surfaces boisées en savanes entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980 est plus grande que la régression de celles-ci entre la fin des années 1980 et le début des années 2000. Les îles du Gandoul connaissent une progression lente et régulière des surfaces boisées qui étaient très faibles en 1970 et qui le sont encore aujourd'hui. Le Sine connaît lui aussi une progression, celle-ci étant de type exponentiel avec une augmentation de 50 ha dans la première période et de 1600 ha dans la deuxième.

Concernant les mangroves, les trois sous-régions insulaires du delta du Saloum connaissent des tendances différentes également. Les îles du Saloum, au centre du delta qui comptent les plus grandes superficies de mangrove connaissent la tendance générale de régression puis de progression, la régression durant la première période étant inférieure à la progression durant la deuxième. Les îles Betenti, au sud, connaissent une même trajectoire bien que beaucoup moins contrastée. Les îles du Gandoul ont connu une régression durant les deux périodes, tout d'abord une forte, puis une faible régression.

#### 6.2.2.2. La cinématique de la couverture boisée dans la Western-Division

Tout d'abord on voit sur la figure illustrant la part des différentes cinématiques que la Western-Division est plus boisée (40 % de boisements stables) et a connu des changements plus grands (42 % de changements cumulés). En ce qui concerne les rapports de force entre les différents changements, on remarque un équilibre au niveau de la terre ferme et une légère régression au niveau de la mangrove.



N : 1503510.41  
E : 300047.45

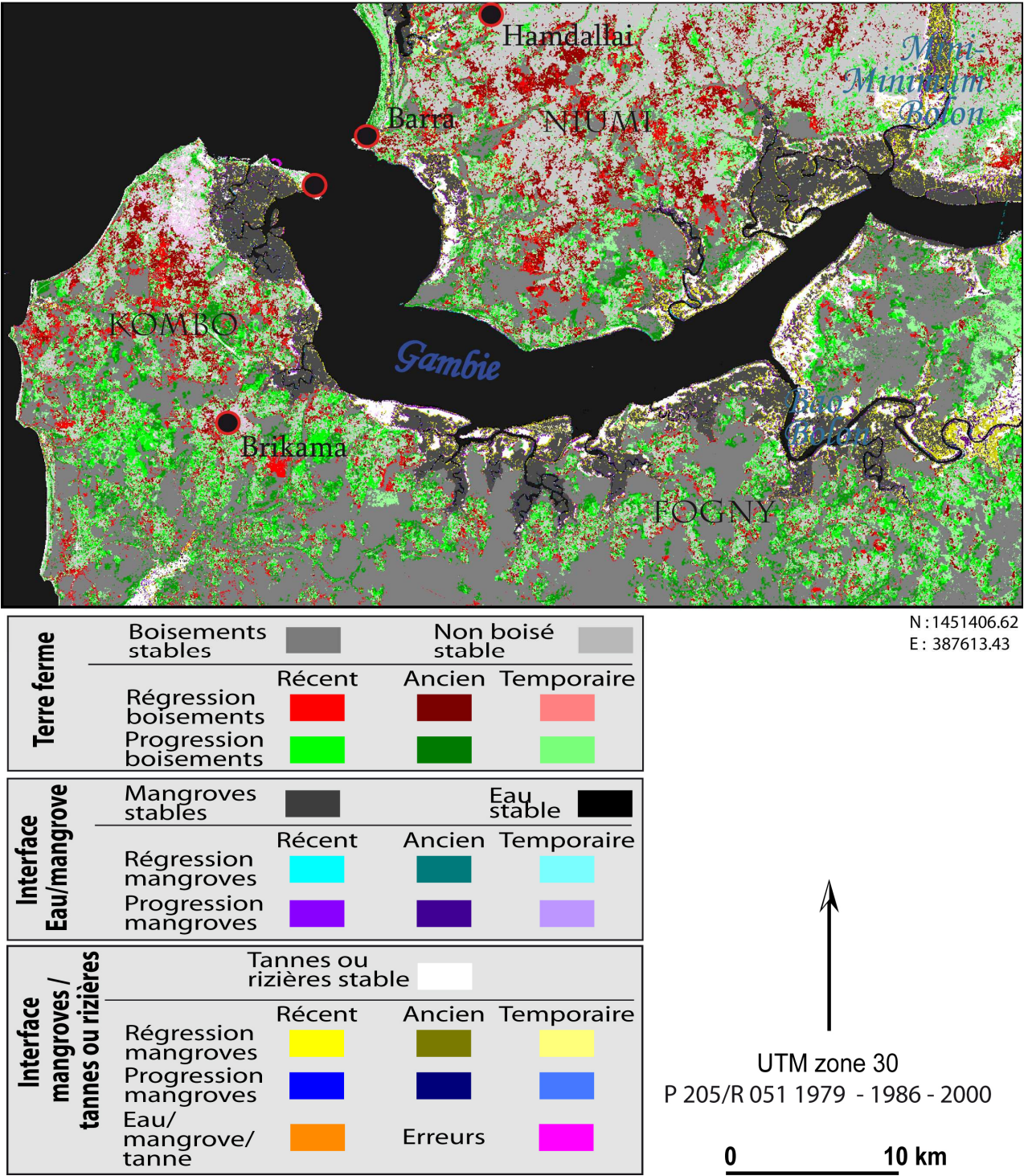


Figure 158 : Carte des changements de l'occupation du sol dans la Western-Division

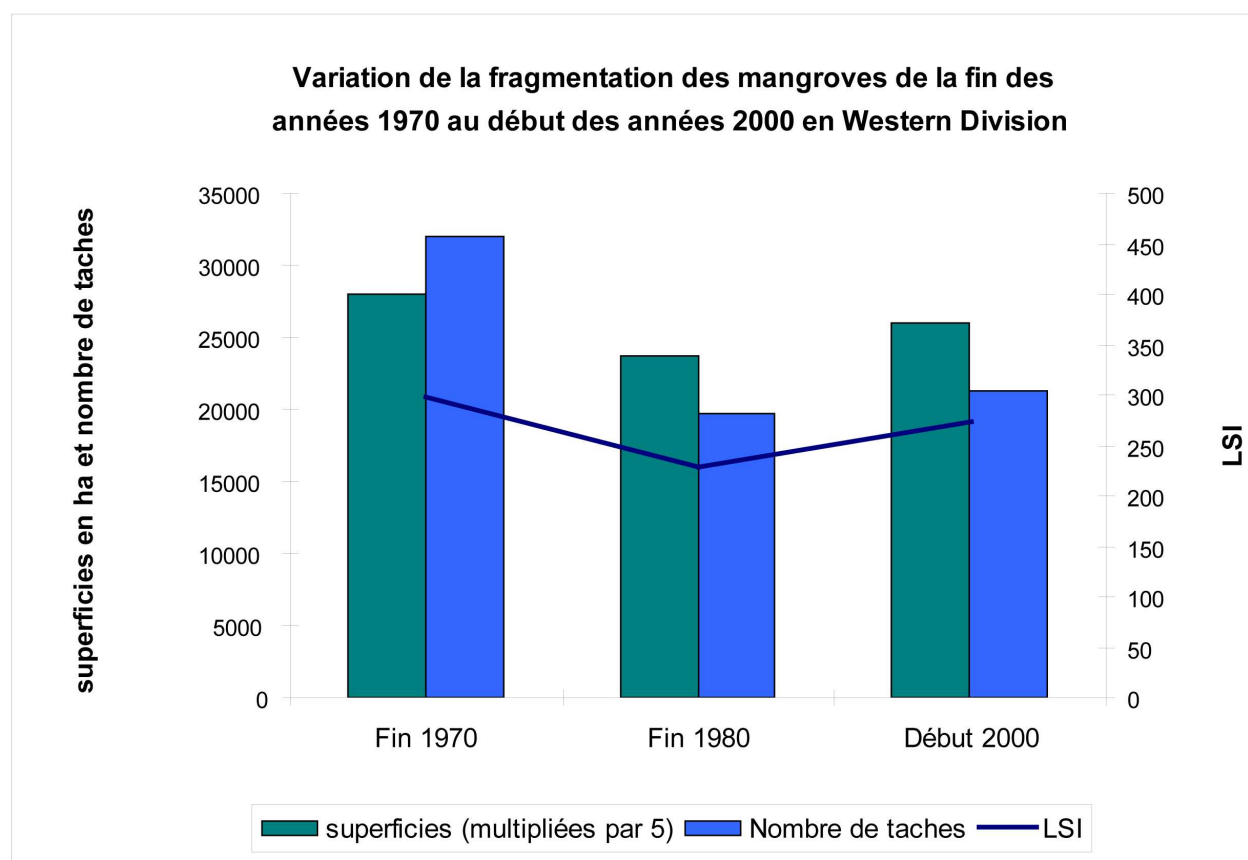
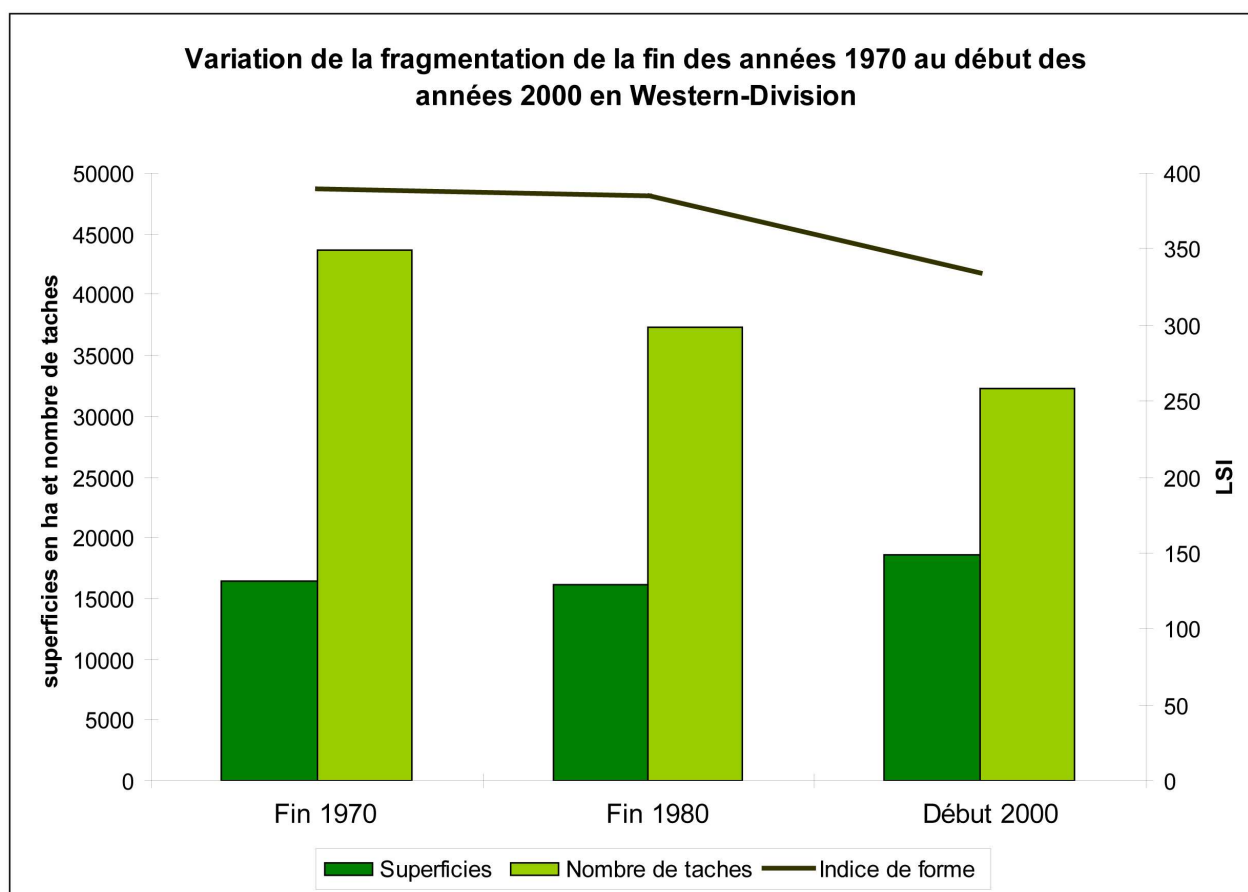
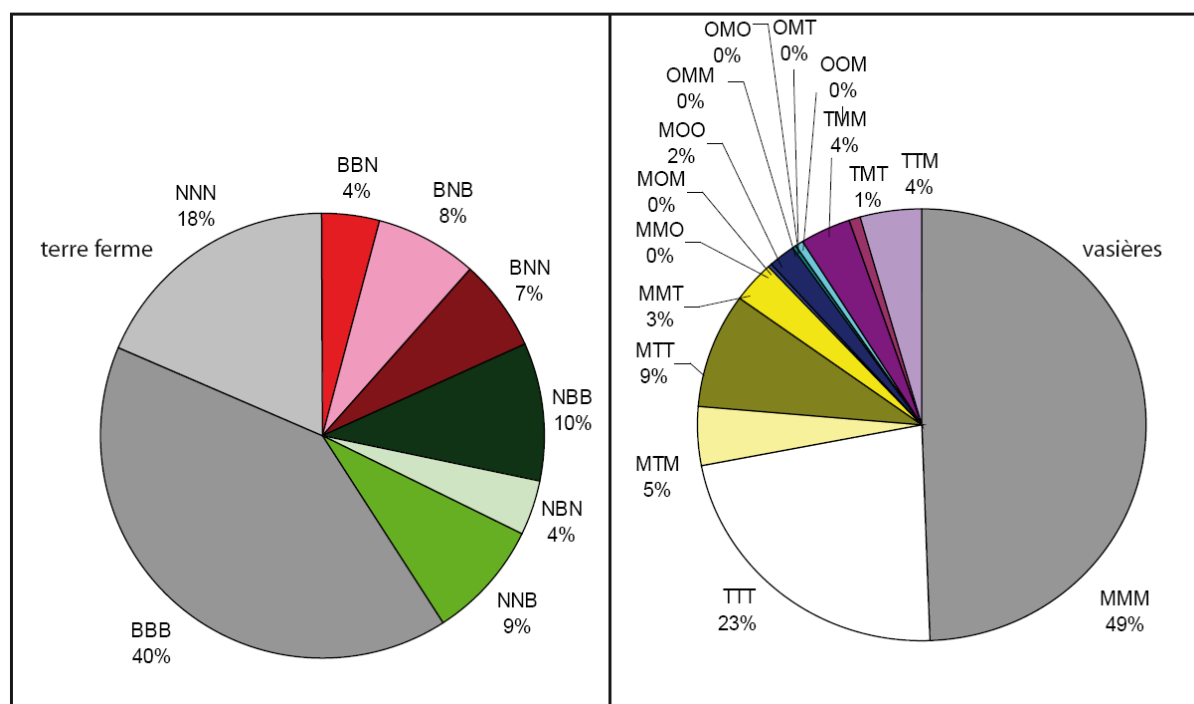


Figure 159 : Variation du niveau de fragmentation dans la Western-Division

Une fois encore les progressions de la mangrove vers les tannes et rizières occupent plus de la moitié des changements du domaine des mangroves et les évolutions inverses : des tannes et rizières vers les mangroves se retrouvent importantes également (près d'un tiers).



N : Espace de terre ferme non boisé ; B : boisements de terre ferme ; O : eau ; M : Mangrove ; T tannes ou rizières de mangrove. NBN : Non boisé à la fin de années 1970, boisé à la fin des années 1980, non boisé au début des années 2000.

**Figure 160 : Part des différentes cinématiques en Western Division**

Sur la carte (figure 159), on remarque une fois encore des secteurs très contrastés. L'extrême nord du Niumi vers la frontière est non boisé de façon stable (bien que l'on ait vu que les boisements faibles à la fin des années 1970 et à la fin des années 1980 ont peut-être en ce lieu été quelque peu sous estimés). Le chenal de Koular (Mini-minimum Bolon) est caractérisé par une importante régression des mangroves en faveur du tanne. Le sud du Niumi connaît des massifs boisés importants qui ont fortement régressé, tant dans la première période que dans la seconde. Les massifs de mangrove de la rive nord du fleuve sont assez stables, sauf certaines lisières de progression du tanne ou des rizières sur les mangroves. Le Kombo, la région de la capitale, est caractérisée par une très grande instabilité de la terre ferme. Les surfaces en déboisement et en reboisement sont très nombreuses, celles en déboisement étant les plus proches de la capitale et celles en reboisement en sont plus éloignées. Les massifs de mangrove n'offrent pour changement que des chenaux très fins cartographiés comme mangrove à la fin des années 1970 avec une faible résolution et où les satellites à meilleure résolution ont pu différencier le chenal d'une part et la mangrove de l'autre. Le Fogny gambien est caractérisé par de grandes étendues de boisements stables notamment au sud vers la frontière.

Les secteurs qui jouxtent les villages situés le long de la trans-gambienne sont caractérisés par une grande instabilité, chaque finage villageois se remarque par une mosaïque de taches non boisées aux trois dates, en progression ou en régression. Le Fogny est doté de surfaces boisées très largement supérieures à celles des autres régions. Il connaît une remarquable stabilité dans la première phase pour connaître par la suite une grande progression. Le Kombo apparaît également en progression bien que très faible. Alors que le Niumi est en faible régression.

En mangrove, c'est une fois encore le Fogny qui comprend les plus grandes superficies boisées. L'évolution en est celle de l'inversion observée dans un grand nombre de régions et sous-régions, les fluctuations étant importantes. Le Niumi apparaît comme peu boisé avec une tendance conforme à

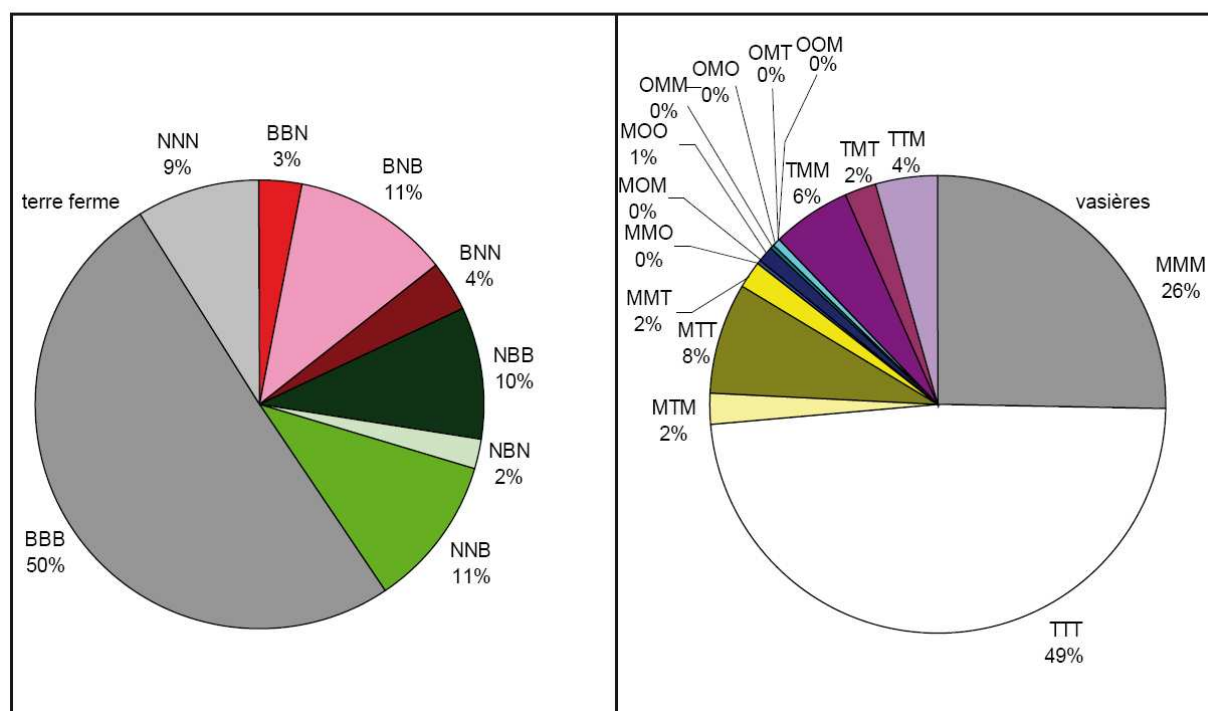


l'ensemble des régions. Le Kombo, lui-même peu boisé en mangrove, est caractérisé par une remarquable stabilité.

La Western-Division a connu en terre ferme une stabilité du taux de fragmentation (figure 160a) durant la première période, suivie d'une légère fragmentation de la végétation, résultant d'une diminution des superficies pour une augmentation du nombre de taches. La mangrove (figure 160b) a connu l'évolution contraire de légère diminution de la fragmentation (la diminution du nombre de taches étant proportionnellement supérieure à la diminution des superficies), suivie d'une légère augmentation de la fragmentation par augmentation de la complexité des formes.

### 6.2.2.3. La cinématique de la couverture boisée en Basse-Casamance

En terre ferme, la première caractéristique de la Casamance est l'importance de ses boisements de terre ferme et des cinématiques qui les concernent dont les principaux sont les déboisements temporaires (11 %) et les reboisements tant anciens que récents (21 %). En domaine de vasières, la première caractéristique est la très grande extension des tannes et rizières de mangrove (49 %) et l'importance des cinématiques entre tanne et mangrove tant en déboisement qu'en reboisement dans la période 1979-1986.



N : Espace de terre ferme non boisé ; B : boisements de terre ferme ; O : eau ; M : Mangrove ; T : tannes ou rizières de mangrove.  
NBN : Non boisé à la fin de années 1970, boisé à la fin des années 1980, non boisé au début des années 2000.

**Figure 161 : Part des différentes cinématiques en Basse-Casamance**

L'analyse de la carte permet de confirmer l'impression acquise à l'échelle générale que les rives des vasières sont des espaces de grands changements et que plus on s'éloigne des vasières, où sont disposés la grande majorité des villages (Pélissier, 1961), plus on trouve de grandes superficies de boisements stables. Observées en détail, les rives habitées présentent des mosaïques de surfaces concernées par les différentes cinématiques sous la forme de petites superficies assez regroupées, nous permettant de deviner une structure approchant du parcellaire. Les secteurs les plus à l'est sont ceux où dominent les cinématiques de régression, ceux les plus à l'ouest sont dominés par les cinématiques de progression. En rive sud, dans le Bandial, on observe de très importantes superficies de déboisement temporaire et de régénération récente.

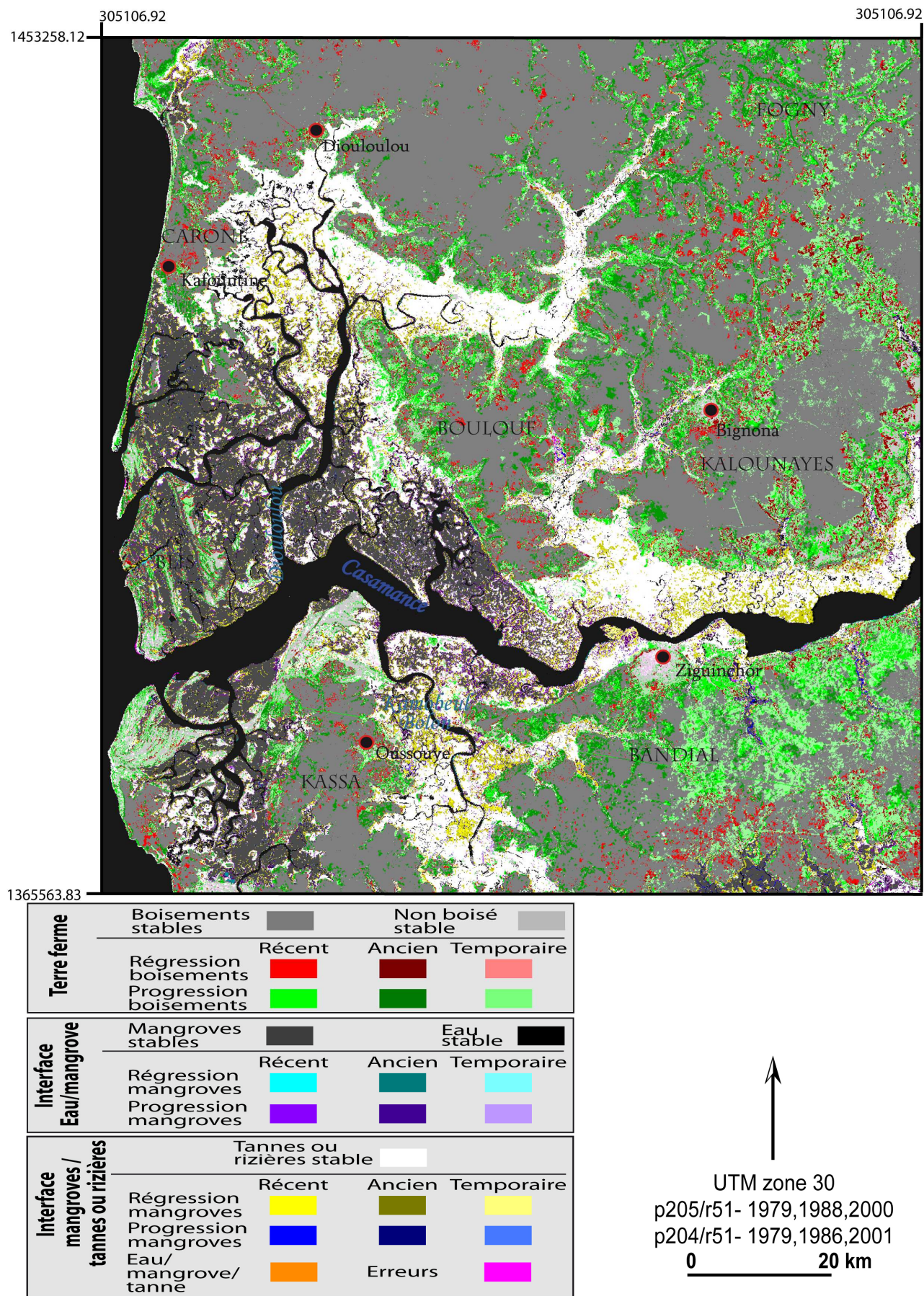


Figure 162 : Carte des changements de l'occupation du sol en Basse-Casamance



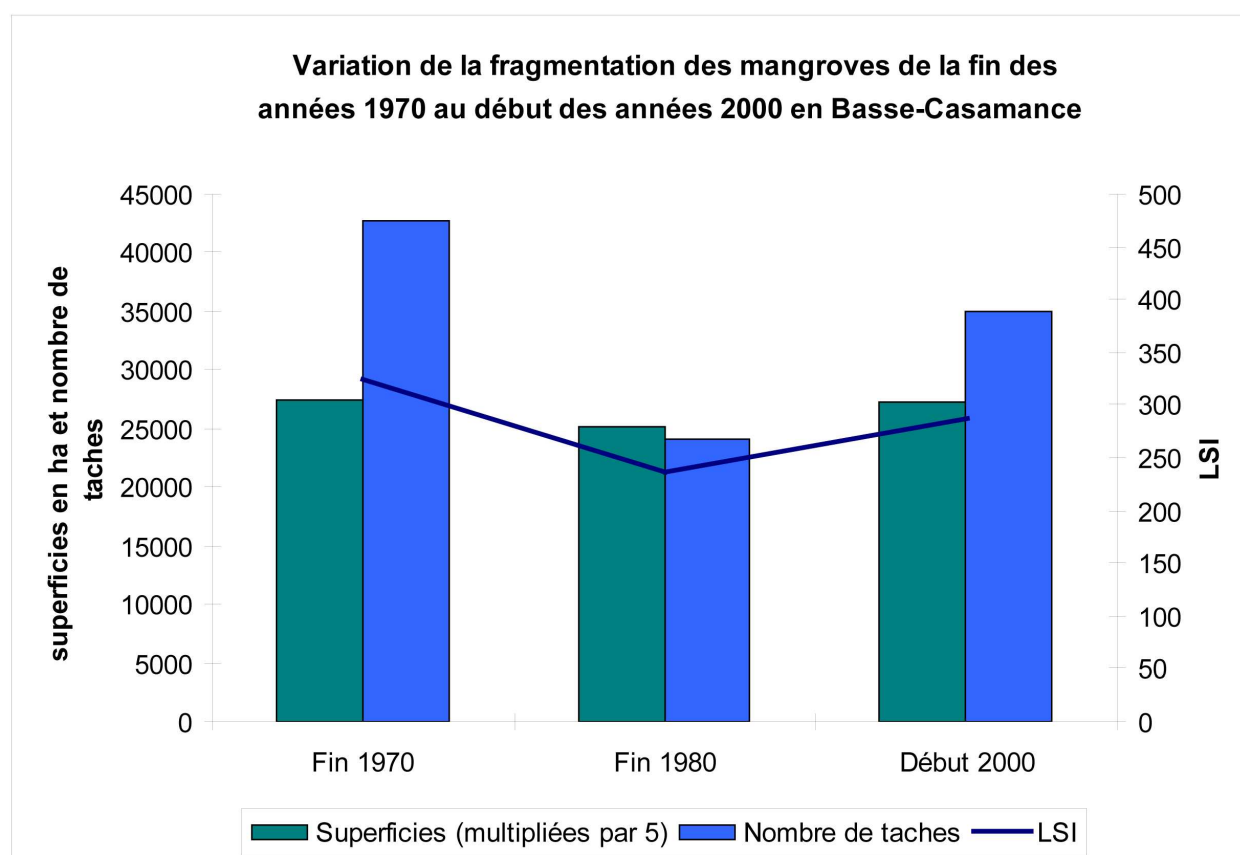
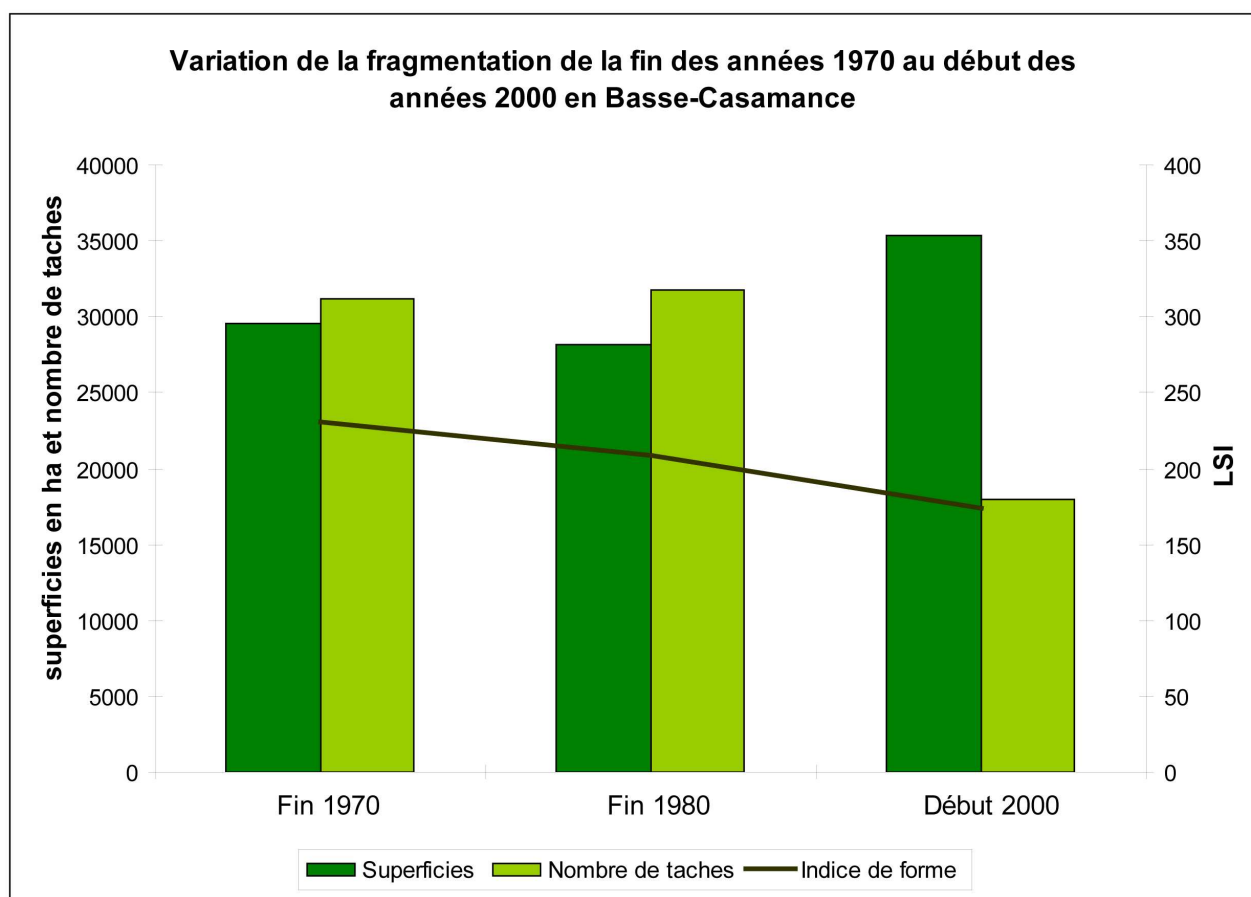


Figure 163 : Variation du niveau de fragmentation des boisements en Basse-Casamance



Ainsi, si l'on calcule les bilans sous-régionaux, on peut aisément distinguer le Bandial, dont les superficies montrent l'évolution en deux temps : régression puis progression qui a été observée dans une majorité de régions, et le Kassa qui a connu l'évolution inverse avec une augmentation entre les années 1970 et les années 1980 puis une régression très faible entre les années 1980 et les années 2000. Les sous-régions septentrionales ont connu une lente progression dans les deux périodes.

La mangrove, à l'instar du Saloum, peut être assez aisément divisée en sous ensembles de cinématiques très divers. Ainsi, les parties amont, que ce soit du Diouloulou, du fleuve ou du chenal de Kamobeul, sont toutes dominées par les cinématiques de régression de la mangrove face au tanne ou aux rizières. La partie centrale depuis Ziguinchor jusqu'au Diouloulou, notamment en rive nord entre le fleuve et le Boulouf, est dominée par les régénérations de la mangrove sur les tannes. Il s'agit dans une grande majorité des cas d'une régénération ancienne qui a eu lieu entre les années 1970 et la fin des années 1980 (figure 163). Toutes les sous-régions montrent donc une régression suivie d'une progression. Les parties amont, Fogny, Kassa et Bandial, ont au début des années 2000 une superficie inférieure à celle de la fin des années 1970. Le Floup connaît au début des années 2000 une superficie boisée en mangrove supérieure à celle des années 1970.

La fragmentation en terre ferme (figure 164a) recule progressivement en Basse-Casamance : durant la première période, la diminution des superficies s'est accompagnée d'une forte diminution du nombre de taches ; quand les superficies ont augmenté durant la deuxième période, le nombre de taches a continué à diminuer. En mangrove (figure 164b), les surfaces et le nombre de taches ont diminué puis augmenté simultanément, cependant, la variation du nombre de taches est, proportionnellement, plus importante et la fragmentation a donc diminué pour augmenter ensuite.

### 6.2.2.4. La cinématique de la couverture boisée dans le Nord bissau-guinéen

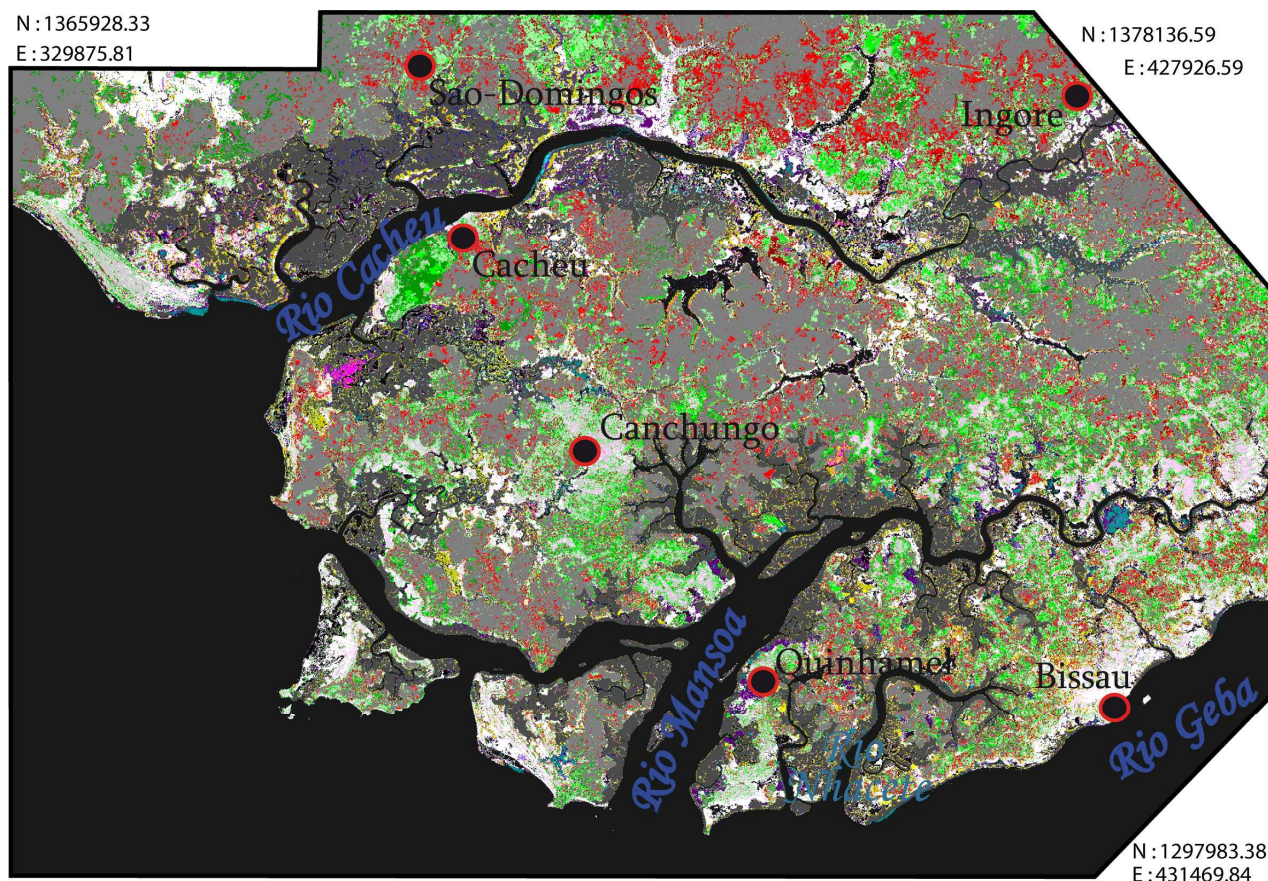
Le profil de terre ferme du Nord bissau-guinéen est assez proche de celui de la Casamance avec de fortes superficies boisées (50 %) et une très forte cinématique, ici dominée par les cinématiques de régression (21 %, contre 17 % pour les progressions). Au sein des régressions, la régression récente est la plus importante, elle constitue 9 % de la terre ferme (figure 167).

Le profil du domaine des vasières est assez proche de celui de la Gambie, avec une dominance des mangroves sur les tannes, une importante superficie de changements, largement dominés par les fluctuations entre tannes ou rizières et mangrove. La progression des mangroves sur les tannes ou rizières est la plus importante. La régression des mangroves est essentiellement ancienne et la progression essentiellement récente.

Sur la carte (figure 165), on observe une structure spatiale des différents changements beaucoup plus complexe que pour les autres régions en ce que l'on ne peut distinguer des sous-régions au profil dominé d'un ou deux types de cinématiques. La régression des boisements de terre ferme apparaît très importante en rive nord du fleuve et au nord-est de la capitale. Elle est présente mais de façon moins importante entre Cacheu et Mansoa. La progression des boisements de terre ferme est présente à l'extrême nord-ouest du pays, au niveau de Sao-Vincente, de Cacheu, de Canchungo, au nord-nord-ouest de Bissau et à la pointe de la péninsule de Biombo-Quinhamel.

Le Nord bissau-guinéen a connu entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980 une diminution du nombre de taches en mangrove et en boisements de terre ferme (figure 166a), donc une diminution de la fragmentation, peu marquée cependant, en terre ferme. Durant la deuxième période, une légère augmentation des superficies boisées de terre ferme et une diminution du nombre de taches compensée par une complexification des taches ont mené à une augmentation de la fragmentation. En vasières, le niveau de fragmentation est resté stable (figure 166b).

N : 1365928.33  
E : 329875.81



Terre ferme	Boisements stables		Non boisé stable	
	Récent		Ancien	Temporaire
	Régression boisements			
	Progression boisements			
Interface Eau/mangrove	Mangroves stables		Eau stable	
	Récent		Ancien	Temporaire
	Régression mangroves			
	Progression mangroves			
Interface mangroves / tannes ou rizières	Tannes ou rizières stable			
	Récent		Ancien	Temporaire
	Régression mangroves			
	Progression mangroves			
	Eau/ mangrove/ tanne		Erreurs	


  
 UTM zone 30  
 p204/r52  
 1978, 1986, 2000  
 0 30 km

Figure 164 : Carte des changements de l'occupation du sol dans le Nord bissau-guinéen

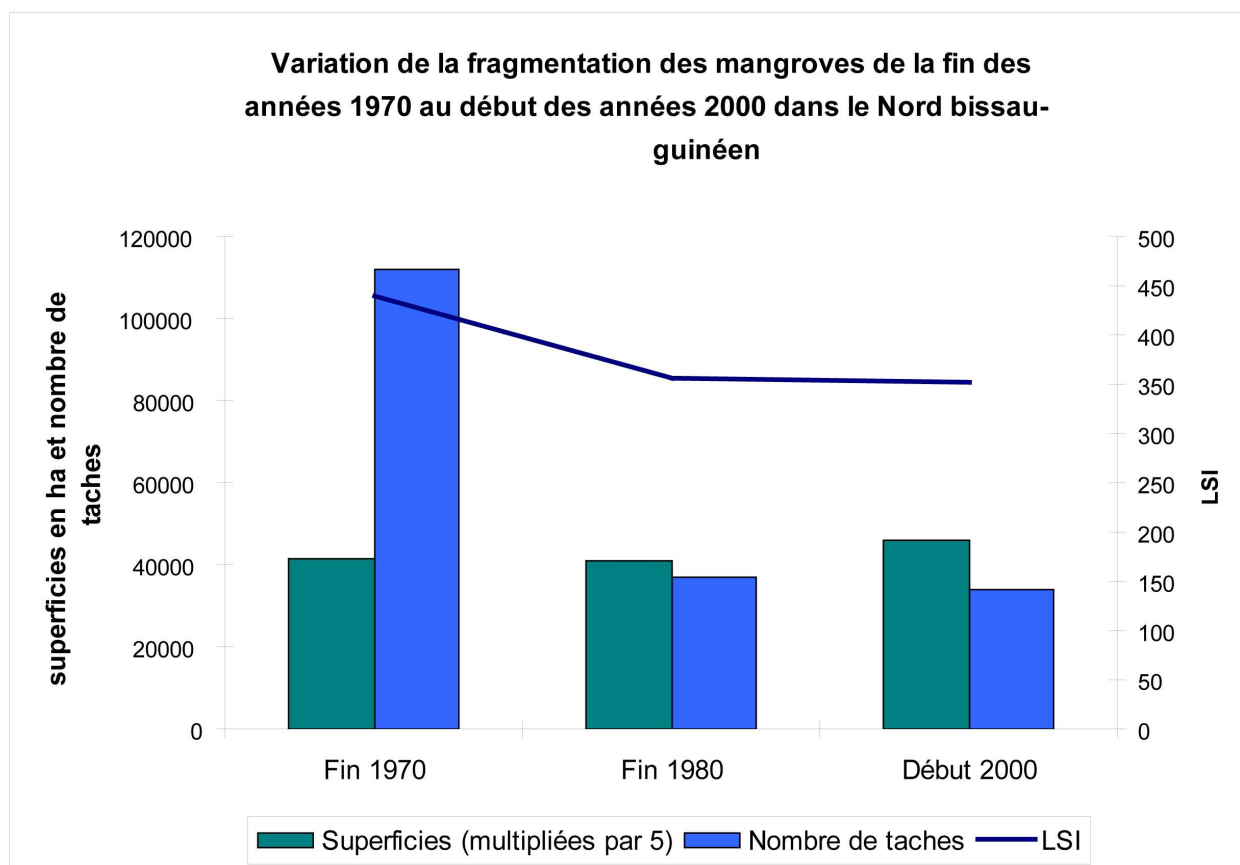
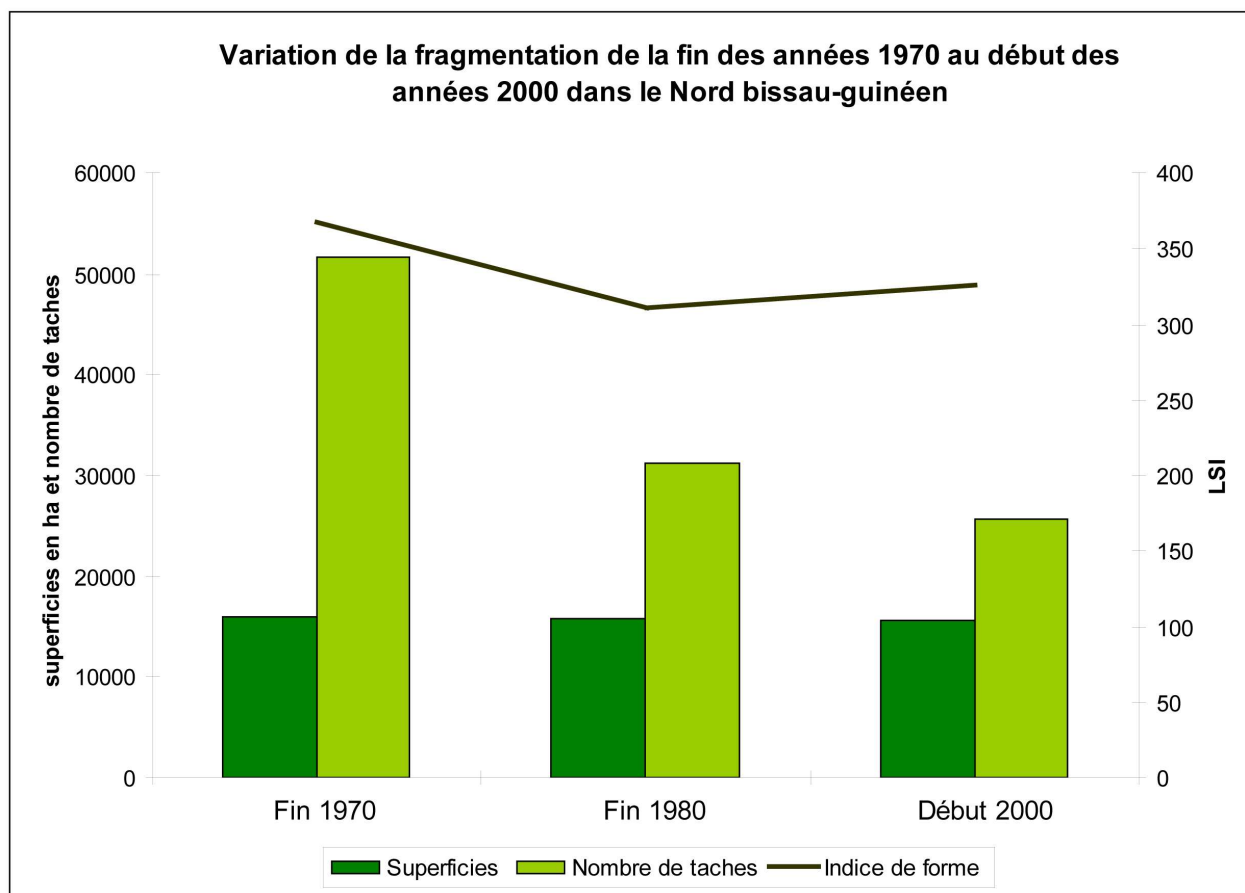
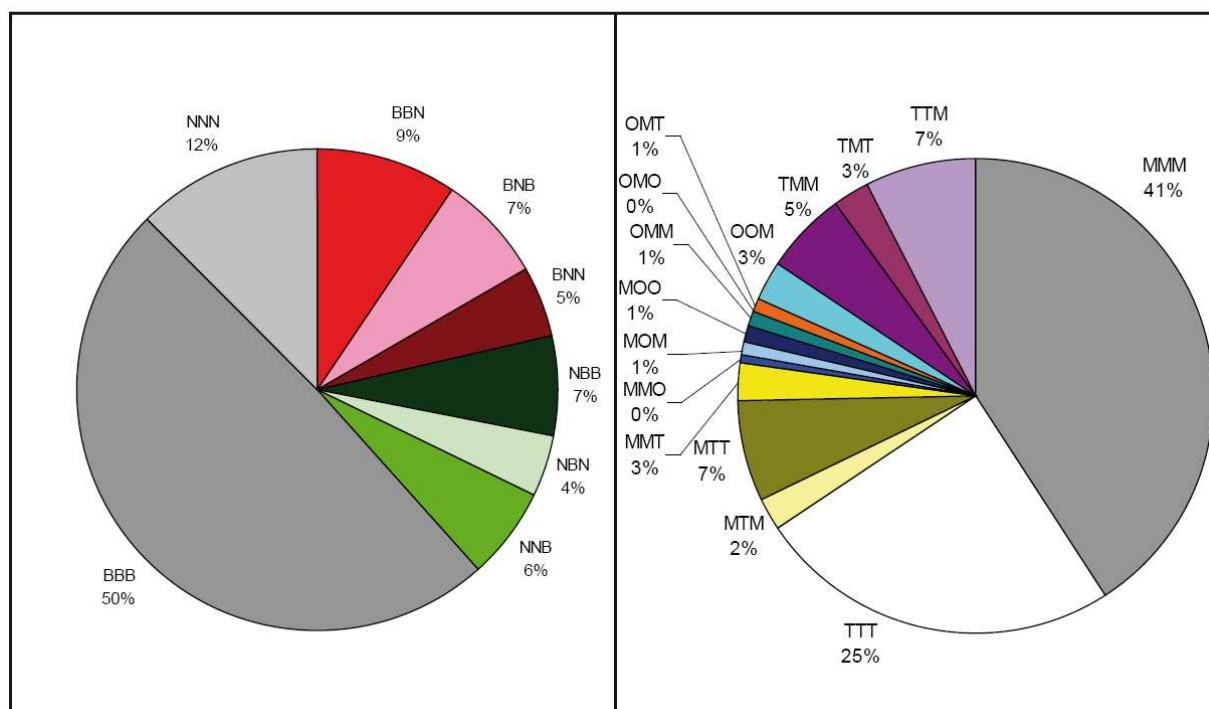


Figure 165 : Variation du niveau de fragmentation des boisements dans le Nord bissau-guinéen





N : Espace de terre ferme non boisé ; B : boisements de terre ferme ; O : eau ; M : Mangrove ; T : tannes ou rizières de mangrove.  
 NBN : Non boisé à la fin de années 1970, boisé à la fin des années 1980, non boisé au début des années 2000.

**Figure 166 : Part des différentes cinématiques dans le Nord bissau-guinéen**

### Cinématique de la couverture boisée à l'échelle micro-régionale (6.2.2)

Ces quantifications de changements pour chaque sous-région confirment parfaitement le résultat précédent : c'est à cette échelle que se déroulent les principales formes de changement. On peut synthétiser ainsi les résultats :

- **Sine** : progression des boisements de la terre ferme
- **Iles du Gandoul** : régression des mangroves et progression des boisements de terre ferme
- **Iles du Saloum** : progression des mangroves
- **Iles Betenti** : régression des mangroves
- **Bas-Saloum continental** : régression des boisements de terre ferme
- **Niumi** : régression des boisements de terre ferme et faible régression des mangroves
- **Kombo** : mosaïque de progression et de régression des boisements de terre ferme
- **Fogny gambien** : mosaïque de progression et de régression des boisements de terre ferme
- **Fogny casamançais** : mosaïque de progression et de régression des boisements de terre ferme
- **Kassa** : progression des boisements de terre ferme
- **Parties amont du delta de la Casamance** : régression des mangroves
- **Partie centrale du delta de la Casamance** : progression des mangroves
- **Région frontalière bissau-guinéenne** : régression des boisements de terre ferme
- **Rio Cacheu** : progression des mangroves
- **Région de Canchungo** : mosaïque de progression et de régression des boisements de terre ferme
- **Rio Mansoa** : mosaïque de progression et de régression des mangroves
- **Péninsule de Biombo-Quinhamel** : mosaïque de progression et de régression des boisements de terre ferme

L'échelle micro-régionale montre des pôles de forte régression, de forte progression et de bilan stable dans des proportions équivalentes, laissant supposer que des formes locales

### Cartes et quantification des changements (6.2)

L'occupation du sol a montré de très importants changements, mais ceux-ci présentent un bilan positif d'augmentation des surfaces boisées, ce qui laisse à penser que la dégradation des paysages est loin d'être dominante.

Cependant, ces changements s'effectuent selon une maille micro-régionale où l'on retrouve la répétition de taches d'un ou deux types de cinématiques, dans des proportions et des localisations similaires dans l'ensemble de la sous-région. Ces profils micro-régionaux, parfois en régression, parfois en mosaïque complexe de taches de progression et de régression et parfois en progressions se compensent à l'échelle macro-régionale, l'ensemble des changements menant à une faible variation de la surface boisée globale. Cependant, cela laisse donc aussi supposer que des formes de dégradation des paysages peuvent s'observer, voisines de formes de régénération ou de stabilité.

Cependant, il s'agit de ne pas se contenter de passer directement d'un constat de régression des boisements à celui d'une dégradation des paysages et il est nécessaire de préciser ces changements dans leurs modalités, leurs causes et leurs conséquences. Pour débiter cette réflexion, on peut d'abord confronter cette carte au terrain et définir les principales cinématiques en cours ces trente dernières années dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud.

## 6.3. Identification des principaux changements

Des changements aussi massifs s'élevant à près de 30 % de la superficie totale méritent un certain contrôle (figure 168). En outre, l'analyse d'un certain nombre de ces taches de changement dans l'objectif de définir les processus en cours et les facteurs à l'œuvre est une première étape, nécessaire, pour passer de la simple description du changement : la cinématique à la connaissance des facteurs de changement : la dynamique. Or, l'appréhension de ces changements nous fait changer d'échelle sinon pour la restitution des résultats du moins pour leur examen sur le terrain. Cela nous permet de débiter l'articulation entre l'occupation du sol aux échelles régionales et les différents paysages (et éléments de paysages) qui en constituent la structure. Nous présenterons la confrontation au terrain d'abord sur les relevés de mangrove (6.2.1) et ensuite sur les relevés de terre ferme (6.2.2), pour établir dans ces deux cas une liste des cinématiques. Cette étape constituera une avancée dans la réflexion sur la dégradation car certaines cinématiques pourront être considérées comme des formes de dégradations, d'autres comme pouvant l'être dans certaines conditions, enfin certaines ne seront en aucune manière définies comme des formes de dégradation.

### 6.3.1. Identification des principaux changements en vasières

La confrontation de la carte des changements des vasières à la réalité du terrain a été effectuée sur trente relevés stratifiés selon les trois types de changements. Les indices récoltés sur le terrain sont synthétisés sur les tableaux 18 et 19. La mangrove connaît un plus grand nombre de types de changements car, en rive, l'eau peut prendre la place de la mangrove ou être remplacée par elle, et, à la limite haute de la mangrove sur l'estran, tannes ou rizières peuvent prendre la place de la mangrove ou être remplacés par elle. Ainsi, outre les taches de stabilité (6.2.1.1), il s'agit de couvrir les différentes formes de régression (6.2.1.2) et de progression (6.2.1.3).

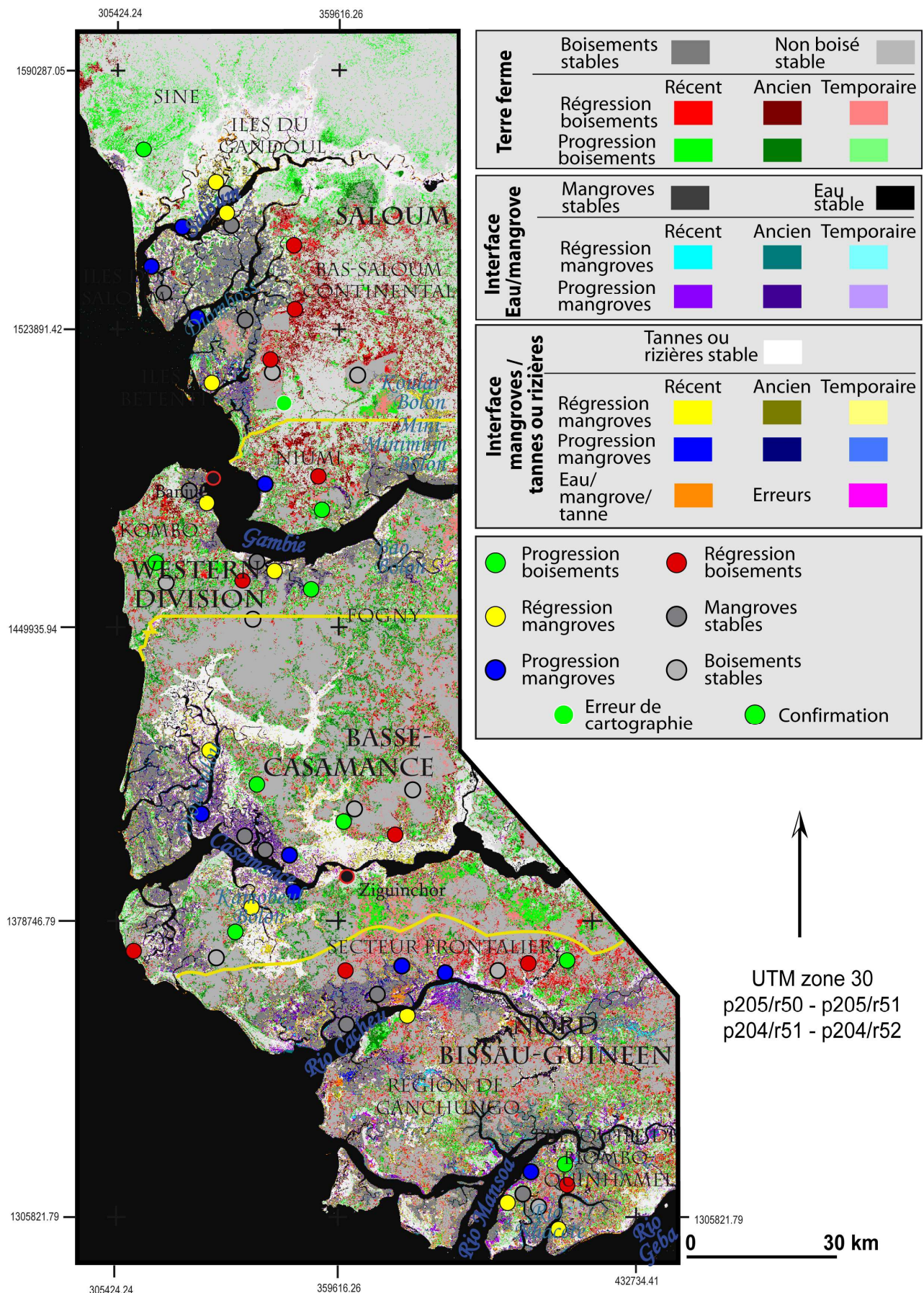


Figure 167 : Confrontation de la carte des changements de l'occupation du sol à la réalité du terrain



### 6.3.1.1. Stabilité

	Cinématique	Tx rec+ 25 bas	Tx rec+ 25 haut	% - de 5	% 5 - 15	% 15 à 25	% + de 25	MORT	rég	coupe	dép
S1	Stabilité	100	28,4	14	18	31	37	0	oui	non	léger
S2	Stabilité	92,3	68	29	1	11	58	1	oui	oui	non
S3	Stabilité	82,7	62,4	36	1	8	55	0	oui	non	non
S4	Stabilité	87,1	8,3	17	5	47	31	0	oui	non	non
S5	Stabilité	79,6	0	61	12	14	13	0	oui	non	non
S6	Stabilité	93,5	34,8	40	21	14	25	0	oui	oui	oui
S7	Stabilité	93,8	7,4	32	17	22	28	1	oui	oui	non
S8	Stabilité	94,1	11,3	35	24	7	32	2	oui	non	oui
S9	Stabilité	46,1		0	27	37	36	0	non	non	non
S10	Stabilité	100	47,4	10	38	30	22	0	oui	non	non

**Tableau 18 : Vérité terrain des relevés de stabilité de mangrove**

Dans les dix relevés, en rive, une part importante de la végétation a été estimée à plus de 25 ans et la stabilité détectée sur les images satellites y semble confirmée. De 80 à 100 % de la couverture végétale est constituée d'arbres dont on peut supposer qu'ils étaient déjà présents (et par ailleurs très probablement déjà adultes) il y a 25 ans, lors de la prise de vue la plus ancienne des images satellites (en 1979). Trois cinématiques semblent se profiler sur ces dix relevés. Les relevés 3, 4, 7, 6, 9 et 10 apparaissent comme totalement stables (figure 168), dénués de faibles changements significatifs. Le deuxième relevé se présente comme une stabilité malgré une exploitation forestière non décelée par télédétection (figure 172). Les relevés 1, 5, 8 montrent une stabilité malgré un dépérissement, lui-même non détecté (figure 171). Ils montrent en effet dès la rive des formes de dépérissement (branches mortes), cependant, les tissus végétalisés, sains, couvrent une très grande partie du sol, et aujourd'hui, comme lors des dernières décennies, la couverture végétale s'est toujours maintenue.

#### *Stabilité des mangroves*

Le troisième relevé, pris pour exemple, se situe dans les îles Betenti vers le village de Diogaye. La figure 169a, située dans la partie basse de l'estran, dévoile une forêt bien venante, régulière horizontalement et verticalement. Les arbres de la rive sont plus hauts et plus irréguliers, 7 à 5,5 mètres de haut, et possèdent tous des troncs supérieurs à 20 cm de diamètre. Plus loin, les arbres s'élèvent de 4 à 5,5 mètres de haut et présentent comme on peut le voir sur la figure 169a des troncs autour de 20 cm de diamètre. La partie basse présente soixante-douze individus dont quarante-quatre grands arbres estimés à plus de 25 ans qui participent pour 82,7 % à la couverture végétale. On ne remarque ni indices de dépérissement, ni coupes forestières sur ce relevé à l'excellent taux de renouvellement (vingt-cinq jeunes pousses recensées sur soixante-douze individus).

En arrière-plan de la figure 169a, se devinent les *Rhizophora mangle* bas et bas branchus qui annoncent l'arrière mangrove. Sur les vingt-huit individus de la mangrove haute, vingt-et-un individus ont été estimés d'âge supérieur à 25 ans, ils constituent 62,4 % de la couverture végétale.





A : Régénération sous forêt de *Rhizophora racemosa* (Diogaye, îles Betenti, Sénégal)  
 B : Forêt stable légèrement déperissante : intérieur (Kamobeul, Casamance, Sénégal)  
 C : Forêt stable légèrement déperissante : rive (Kamobeul, Casamance, Sénégal)  
 D : Coupe forestière sur forêt à *Rhizophora racemosa* (Falia, îles du Saloum, Sénégal)

Figure 168 : Quelques relevés de mangrove stable





Arbres très hauts à houppiers peu larges




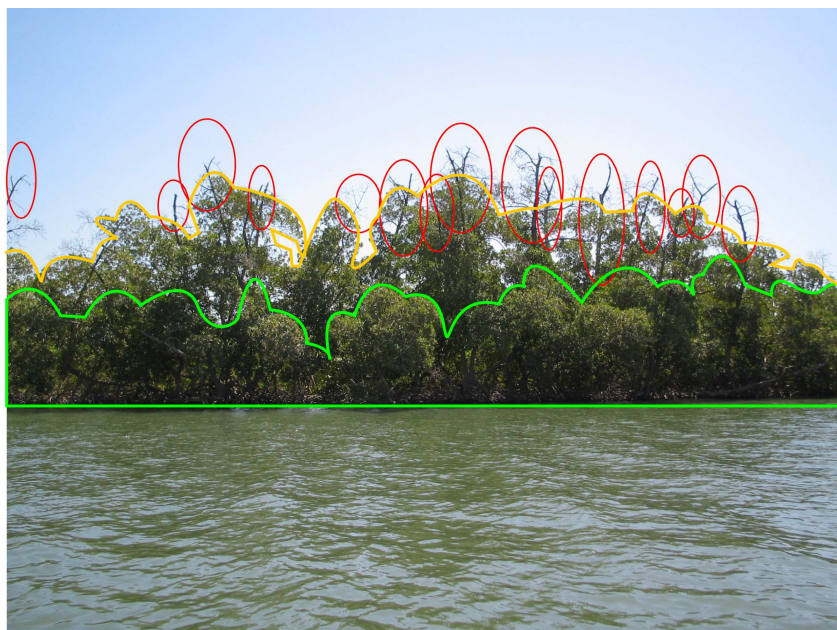



-  Structures complexes où les rhizophores sont souvent très développés et où de tissus important on été naturellement élagués. Aucune partie ne peut réellement être assimilée à un fût.
-  Très faibles taux de régénération
-  Elagage naturel

Figure 169 : Stabilité d'un peuplement ancien








-  La strate haute est très fortement sénescente, témoin d'une époque passée récente où la végétation s'élevait beaucoup plus haut
-  La strate moyenne, légèrement sénescente, couvre encore une importante part du sol.
-  La strate basse, peu ou pas sénescente, couvre une part encore plus importante du sol.

**Figure 170: Maintien du couvert ligneux avec dynamique régressive**



-  Les arbres les plus grands ne présentent jamais de tronc supérieur à quelques centimètres et ne s'élèvent jamais au dessus de 3 ou 4 mètres.
-  Arbre mort sur pied, dépérissement fréquent
-  Renouvellement continu de la végétation

**Figure 171 : Maintien du couvert ligneux avec exploitation forestrière**

### ***Stabilité des mangroves sous légère exploitation***

Le second relevé est localisé au niveau d'une coupe forestière très légère ne montrant que le prélèvement d'un arbre. Ici aussi, le caractère boisé n'est remis en question ni au moment du relevé, ni dans les périodes précédentes (figure 169d).

Le relevé, entre les villages de Niodior et de Falia, se trouve dans la principale zone d'exploitation de la mangrove du delta (Andrieu, 2004). La mangrove y est cartographiée comme stable. Ce relevé se localise sur une île de petite taille entièrement recouverte de mangrove dense, à *Rhizophora sp.*. Le paysage présenté figure 172 montre une coupe forestière très légère (un individu unique) dans la zone riveraine à *Rhizophora racemosa*. La forêt n'a pas perdu sa continuité par suite de l'exploitation. La figure 171 montre le chenal de marée et les individus de rive, très hauts (jusqu'à 8 mètres) avec des troncs très épais (jusqu'à 25 cm). La canopée est quasi fermée, même au niveau de la coupe. Sur soixante-cinq individus, on dénombre vingt-neuf jeunes pousses, une souche et trente-cinq arbres estimés à plus de 25 ans. Ces derniers constituent 92,3 % de la couverture végétale.

### ***Stabilité des mangroves malgré un dépérissement***

Le cinquième relevé dans les chenaux de la rive nord de la Casamance, se situe dans une formation basse et continue. La rive du chenal présente des arbres entre 3,5 et 6,5 mètres de haut aux troncs de 25 à 40 cm. Cette formation riveraine de trente-cinq individus présente douze adultes estimés à plus de 25 ans et vingt-trois jeunes pousses. Les arbres dont on suppose qu'ils étaient présents dès 1979 constituent 79,6 % de la couverture végétale (figure 169c).

Immédiatement après cette formation riveraine, l'arrière-mangrove est ouverte et dépérissante (figure 169b), au peuplement régulier horizontalement et verticalement d'individus hauts de 2 à 4 mètres présentant tous des branches sénescents. Aucun des 65 individus ne semble plus âgé que 25 ans.

#### **À propos des formations à *Rhizophora mangle* frêles du milieu d'estran**

En milieu et haut de l'estran, peu d'individus présentent les signes d'un âge supérieur à 25 ans. En effet, seuls les relevés S2, S3, S6 et S10 présentent plus d'un tiers de leur couverture végétale par des individus de plus de 25 ans. Cependant, nous émettrons deux explications permettant de confirmer une présence de végétation continue depuis au moins 25 ans, même dans ces relevés.

La première hypothèse, bien que la moins importante en ce qui concerne l'interprétation des dix relevés de stabilité, est celle d'une croissance ralentie en zone hyper-haline. Dans ces secteurs écologiquement très contraignants, les taux et modalités de croissance peuvent être extrêmement ralentis et ces individus peuvent être plus âgés que la hauteur et la taille de leur tronc le laissent préjuger en comparaison avec ceux des secteurs écologiquement plus favorables. Il serait possible de choisir d'autres critères d'estimation de l'âge, lesquels tiendraient compte des rythmes de croissance plus faibles en haut de l'estran, tout particulièrement dans les zones les plus salées. Cependant, apporter une correction *a posteriori* à des critères d'estimation de l'âge des individus ferait perdre toute l'objectivité de la démarche ici employée.

La deuxième hypothèse est la plus importante car elle confirme le maintien d'une couverture boisée de ces relevés de peuplement végétal jeune et met en évidence une cinématique de la végétation différente au sein de la cinématique stable. Ces secteurs sont l'objet d'un renouvellement très rapide de la population végétale, qui ainsi reste toujours jeune. En effet, l'absence de tout individu âgé, la sénescence des plus âgés et la présence systématique de jeunes pousses et de jeunes individus de quelques années démontrent que le renouvellement est fréquent sinon continu. Il est en effet possible que dans ces conditions restrictives, la mortalité soit très grande mais compensée par un fort ensemencement et une population de jeunes palétuviers renouvelant une population à basse espérance de vie. Or une jeune population végétale en renouvellement permanent est sur l'analyse diachronique d'images de télédétection une forme de stabilité au même titre qu'une vieille forêt âgée de plusieurs décennies.

Il semblerait donc que la stabilité des mangroves telle qu'elle apparaît sur la carte diachronique soit un dénominateur unique pour un grand nombre de cinématiques du paysage et de cinématiques de la végétation. Quatre cinématiques semblent se deviner au sein de la cinématique stabilité de la mangrove. Il s'agit des peuplements stables, des régénérations sylvo-génétiques naturelles, ou provoquées par des prélèvements légers, des cinématiques régressives et des renouvellements fréquents de la population.

### 6.3.1.2. Régression

L'analyse de la régression se passe en trois temps : premièrement, confirmation de l'absence d'un taux de boisements supérieur à 25 % au moment de la prise de vue, deuxièmement, tentative de confirmation de la présence d'un boisement à la fin des années 1970, troisièmement essai d'identification du facteur de changement. Pour ces deux dernières étapes, il s'agit d'analyser des reliques de la végétation si certaines sont présentes, ainsi éventuellement que la végétation alentour. Cependant, les informations récoltées sont très hétérogènes, rarement quantifiables et ne peuvent être synthétisées dans un tableau comme c'est le cas des relevés de stabilité et de progression. Les relevés 1, 2, 6 et 8 présentent de très nombreux caractères communs, ils se situent en vasières hautes peu inondées, dans des secteurs hyper-halins. La majeure partie d'entre eux présentent des marques d'une végétation sénescence à proximité des arbres morts sur pieds témoignant du processus de dépérissement lié à l'augmentation de la salinité des sols avec la sécheresse de ces dernières décennies (figure 175).

Les relevés 4 et 5 présentent un certain nombre de points communs avec ces quatre relevés de tannification. Il s'agit de secteurs de vasières peu inondées, il s'agit bien d'un tanne, donc de l'extension du tanne sur mangrove. Cependant la végétation en lisière de mangrove stable ne présente pas de preuve d'un dépérissement en cours, et l'on se situe dans un système fluvial assez peu sujet aux problèmes de sur-salinité. Il est donc possible que l'extension du tanne soit liée à l'exhaussement du substrat qui aurait réduit la tranche d'eau et la durée d'inondation, rendant le sol impropre au maintien de la mangrove localement sans dégrader la végétation avoisinante restée au-dessous du seuil altitudinal d'assèchement. Ce processus peut très bien s'accompagner d'un léger accroissement de la salinité des eaux libres.

Le relevé 7, qui présente bien les caractéristiques d'une tannification par augmentation de la salinité, semble avoir connu, entre la prise de vue du début des années 2000 et la mission de terrain, un renversement de la cinématique de la végétation et donc, de la cinématique des paysages et ce qui est apparu comme une régression de la mangrove entre la fin des années 1970 et le début des années 2000, apparaît aujourd'hui comme une régénération de la mangrove en cours de tannification.

Le troisième relevé apparaît comme appartenant à un type de cinématique du paysage très différente. Il s'agit d'une coupe forestière en bordure de chenal (figure 173a, b).

Les deux derniers relevés présentent une digue de construction récente et les marques d'un aménagement en cours de la vasière pour la riziculture (figure 173c).

### *Tannification*

Le premier relevé de confrontation de la carte à la réalité du terrain de régression de la mangrove se présente en 2005 comme un tanne nu, dénué de toute végétation, ce, sur une très grande superficie. Le tanne ne présente aucune souche pouvant éventuellement nous renseigner sur la cause de la mortalité. À proximité du relevé deux reliquats de végétation sont cependant présents apportant quelques indications. Le premier, au centre du tanne, présente quelques buissons d'*Avicennia africana*. Les arbustes sont ici aussi de très faible développement, très bas, ce qui laisse deviner l'impact d'un milieu très restrictif. Un certain nombre de souches d'arbustes morts sur pied sont encore visibles, ce qui laisse présager que c'est bien le dépérissement qui a terminé le déboisement d'une végétation basse et ouverte (figure 175). Le deuxième, est un peu plus loin, au contact avec l'arrière mangrove, où l'on retrouve une frange d'arbustes dépérissants (figure 174).








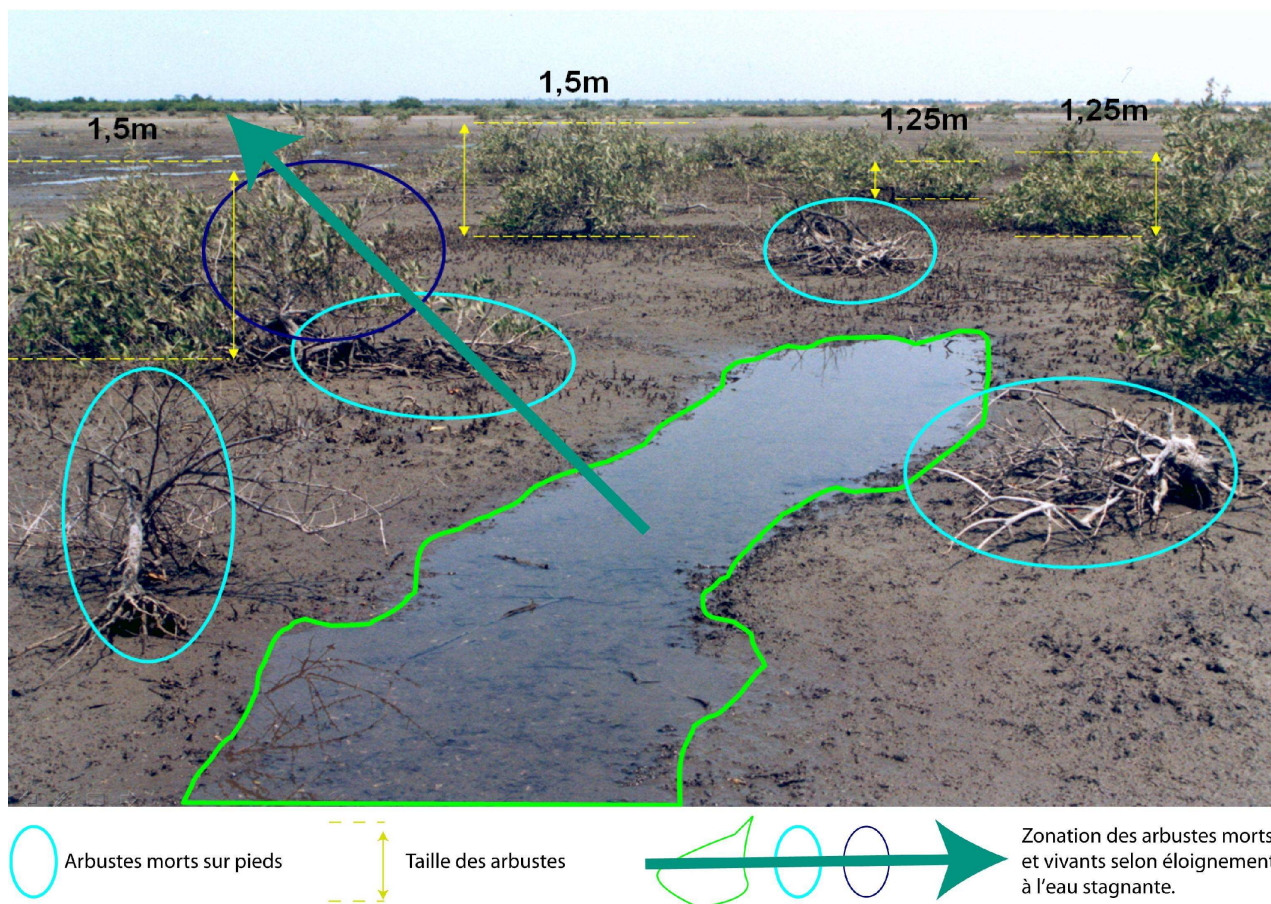
Figure 172 : Quelques relevés de régression de la mangrove





-  Mangrove stable
-  Mangrove morte sur pied en limite haute de la mangrove forestière
-  Mangrove basse buissonnante qui résistent à la tannification

**Figure 173 : Régression de la mangrove par tannification, processus en cours**



**Figure 174 : Régression de la mangrove par tannification, processus achevé**



### *Coupe forestière*

Le troisième relevé est une exploitation forestière qui se localise vers le village de Brefet dans le Fogny gambien. La tâche de régression de la mangrove se situe à l'intérieur de l'île. Le paysage rencontré sur le terrain présente, au sein d'une mangrove haute et dense (correspondant à la matrice de stabilité sur la carte des cinématiques), une surface ponctuée d'une part de nombreuses souches de rhizophoras aux troncs importants et d'autre part d'une végétation assez développée. En ce qui concerne la végétation présente sur le relevé elle est constituée de deux éléments. Premièrement, trois grands arbres estimés à plus de 25 ans, ont été présents sur l'ensemble des prises de vues. Cependant ces trois arbres, correspondent à un taux de recouvrement assez faible, inférieure à 33% de cet espace déboisé.

Deuxièmement, une très large partie de la tâche de régression est recouverte par une végétation de jeunes pousses estimées à moins de 5 ans. Il s'agit de la recrue forestière qui se met en place depuis la coupe. Le relevé présente donc la particularité, à l'instar du relevé 7, d'être actuellement en cinématique progressive par reboisement naturel de la coupe forestière. Il s'agit donc d'une modification temporaire du paysage qui va à terme se reboiser.

Un certain nombre d'autres placettes de tailles variables se retrouvent dans ce secteur dont les taches de régression sont liées soit à de grandes placettes, soit à la multiplication de petites placettes de coupe, toutes connaissant une régénération forestière (figure 176).





-  Arbres coupés.
-  Jeunes pousses postérieures à la coupe.

Figure 175 : Régression de la mangrove par coupe forestière






**Endiguement pour la riziculture.**

Le neuvième relevé se situe sur le Rio Cacheu à proximité de la ville éponyme (figure 177). Le paysage présente une vaste étendue de vase avec des souches d'*Avicennia africana* et quelques *Avicennia africana* buissonnants encore en vie. À la limite entre cette étendue quasi-totalement déboisée et la mangrove stable, se situe une digue apparemment récente, séparant les vasières déboisées de l'action de la marée. La digue est construite pour isoler une partie des vasières de l'action de la marée et de l'eau salée jusqu'à dépérissement des palétuviers. Cette pratique par ailleurs bien connue est précisément décrite dans divers ouvrages (Pélissier, 1966 ; Ecoutin *et al.*, 1999)

Si l'on omet un temps l'inversion de la tendance à la tannification dans le relevé 7 et la reprise forestière après la coupe du relevé 3, trois cinématiques de régression ont été rencontrées sur les deux relevés de vérité terrain. Il s'agit de la tannification, de la coupe forestière et de l'endiguement en vue de la riziculture.



-  Arbres morts à la suite de l'endiguement
-  Nouvelle digue
-  Mangrove stable

**Figure 176 : Régression de la mangrove par endiguement**

### 6.3.1.3. Progression

Ce qui est cartographié comme progression de la mangrove est, en théorie, une formation végétale au taux de couverture faible (inférieure à 25 %) à la fin des années 1970 dont la couverture végétale a augmenté jusqu'à atteindre plus de 25 % au début des années 2000. Lors des relevés de terrain, il a fallu estimer la part de la végétation âgée entre 5 et 25 ans (tableau 19).

	Cinématique	Tx rec 5 à 25	% - de 5	% 5 - 15	% 15 à 25	% + de 25	MORT	REJET	coupe	dép	ANC RIZ
P1	Progression	59,8	61	33	2	1	3	0	NON	OUI	NON
P2	Progression	75,4	43	41	14	2	0	0	NON	NON	NON
P3	Progression	59,5	24	57	6	0	13	26	NON	OUI	NON
P4	Progression	70	52	26	15	1	6	28	OUI	NON	NON
P5	Progression	45,1	54	23	7	10	5	9	OUI	NON	NON
P6	Progression	51,7	63	23	8	1	5	8	NON	OUI	NON
P7	Progression	36,1	66	17	4	0	13	0	NON	OUI	NON
P8	Progression	57,6	39	33	8	4	16	4	OUI	NON	NON
P9	Progression	56	59	35	6	0	0	0	NON	NON	OUI
P10	Progression	62,2	68	32	0	0	0	0	NON	NON	OUI

**Tableau 19 : Vérité terrain des relevés de progression de mangrove**

Les relevés 1, 3, 5, 6 et 7 dans des arrière-mangroves buissonnantes présentent des souches et des arbustes sénescents au sein desquels la reprise s'effectue par rejet de souche ou par développement de nouveaux individus. Il s'agit de la reconquête des tannes (figure 179).

Les deux derniers relevés très similaires l'un de l'autre se démarquent sans aucun doute des huit autres par la présence des traces d'une ancienne riziculture de mangrove et par une végétation extrêmement jeune. Il s'agit sans doute de la reconquête de rizières à l'abandon (figure 180).

Le deuxième relevé se remarque par sa localisation en bas d'estran et par la structure spatiale de sa végétation parfaitement ordonnée en taille et en strate d'âges depuis le chenal vers l'intérieur. Il s'agit de la progression de la mangrove vers le bas de l'estran en liaison avec un important apport sédimentaire (figure 181).

Les quatrième et huitième relevés présentent les marques d'importantes exploitations forestières et d'une régénération. Il s'agit de la régénération des coupes forestières (figure 182).

#### *Reconquête des tannes*

Le cinquième relevé, en Casamance, se trouve à l'est du Diouloulou vers le village de Thionk Essyl. On y trouve une végétation basse et ouverte d'*Avicennia africana* et *Rhizophora mangle* dans un secteur de vasières peu inondées à marée haute et non à marée basse. La végétation est composée d'arbustes très bas, sous forme d'une formation irrégulière et ouverte. On remarque la présence d'un certain nombre de souches d'arbustes morts sur pied (dix sur les cent individus recensés). On a bien affaire une fois encore à un ancien dépérissement.

Cinq individus sur les cent ont été estimés être âgés de plus de 25 ans donc étant présents lors de la prise de vue de 1979. Cette végétation est insuffisante pour avoir constitué un boisement en 1979. Sept individus estimés entre 15 et 25 ans se seraient développés (jeunes pousses ou rejets de souche) entre la fin des années 1970 et le début des années 2000. Vingt-trois jeunes arbustes ou récents rejets de souches ont été estimés entre 5 et 15 ans d'âge et se seraient donc développés entre la fin des années 1980 et le début des années 2000. Ces trente individus constituent, en 2005, 41,5 % de la végétation. La cinématique semble se maintenir puisque cinquante-cinq jeunes pousses de 1 à 5 ans ont été relevées sur les cent individus.





Figure 177 : Quelques relevés de progression de la mangrove



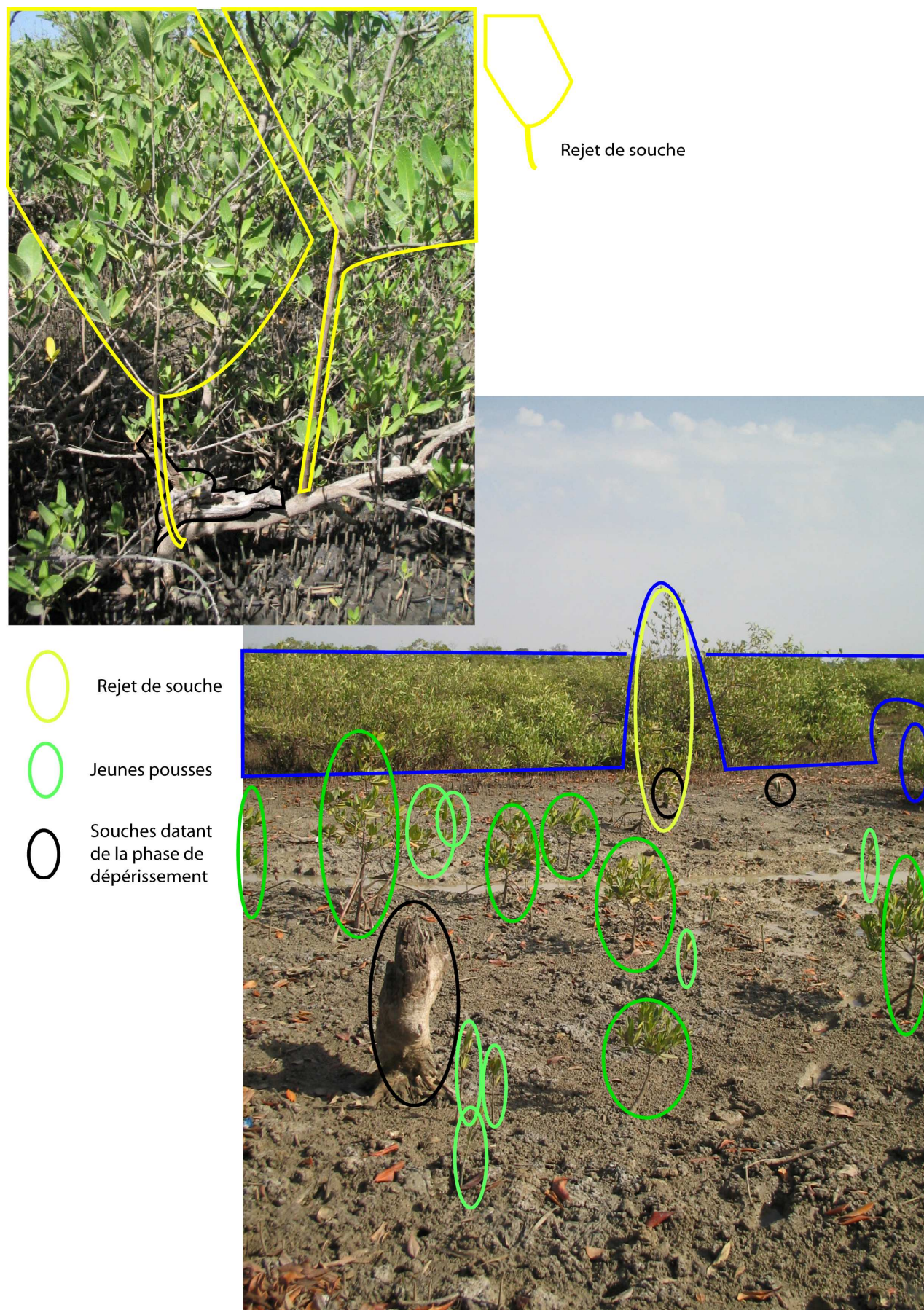


Figure 178 : Progression par régénération de l'arrière-mangrove sur le tanne



### Reconquête des rizières

Le neuvième relevé, en Guinée-Bissau, est lui aussi en haut de l'estran (figure 178a). Il présente les marques d'une assez récente riziculture. La végétation y est assez basse et très irrégulière spatialement. Aucun arbre mort, aucun individu sénéscent et aucun rejet de souche ou de dépérissement n'est relevé.

La pyramide des âges se présente ainsi : cinquante-neuf individus de moins de 5 ans, trente-cinq individus de 5 à 15 ans et six individus de 15 à 25 ans. Aucun individu relevé n'a été estimé à plus de 25 ans. Les quarante et un individus de 5 à 25 constituent la végétation apparue entre la fin des années 1970 et le début des années 2000. Ils constituent en 2005 56 % de la végétation.

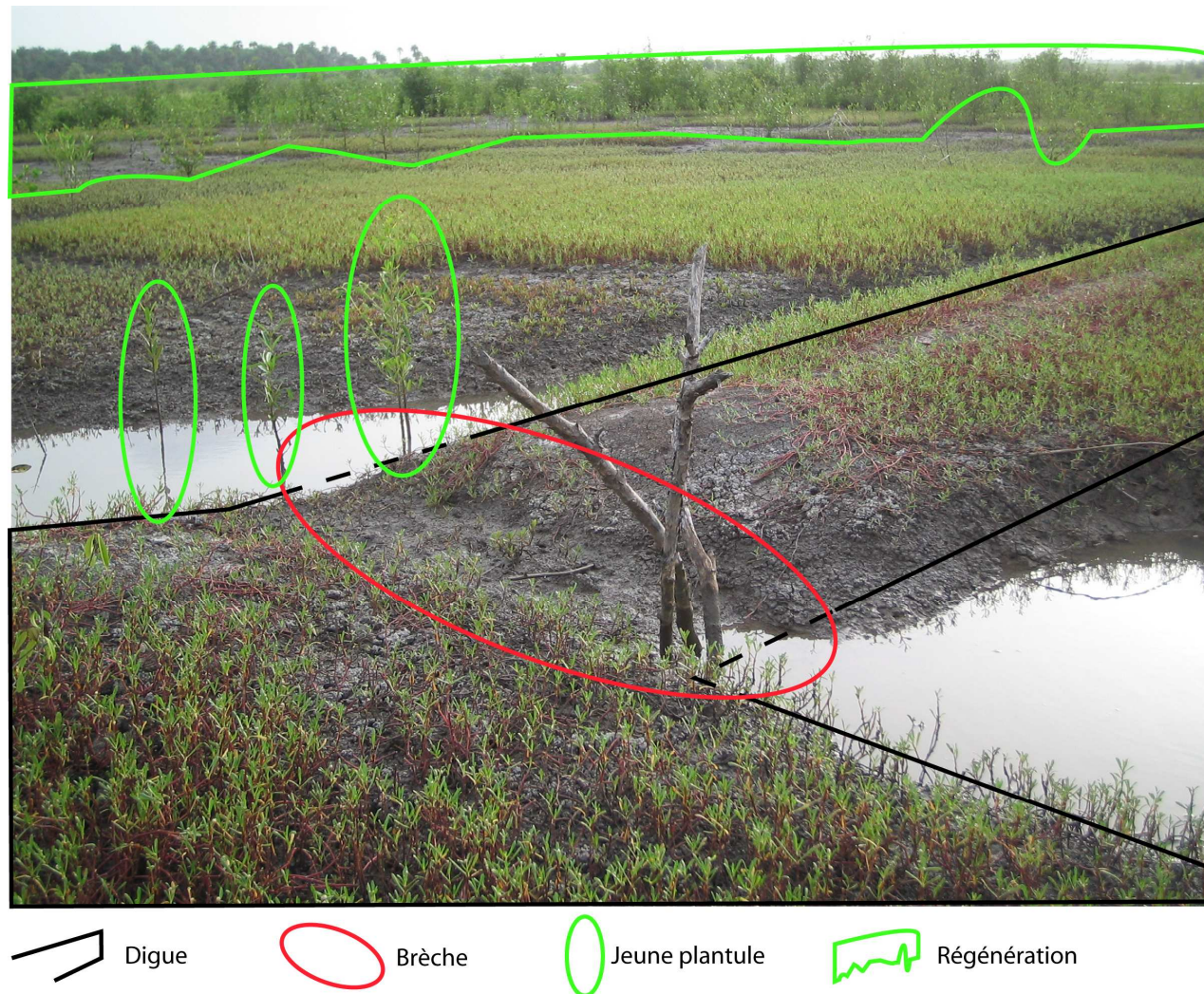


Figure 179 : Progression par enrichissement des rizières

### Progression des mangroves sur le bas de l'estran

Le second relevé de confrontation de la carte à la réalité du terrain de progression des forêts de mangrove se retrouve dans les îles du Gandoul, à proximité du village de Dionewar, en face de la brèche de Dagoba, nouvelle embouchure que le fleuve Saloum a creusée dans la flèche sableuse de Sangomar. La végétation, en rive (figure 181), est celle d'une lisière qui prograde, où depuis le chenal vers l'intérieur de l'île on trouve de façon assez régulière des individus de plus en plus hauts et estimés d'âge de plus en plus avancé.

Au premier plan de la figure 181, on observe des jeunes pousses de 25 à 75 cm de haut aux troncs fins et très peu ramifiés. Au second plan (centre droite de la figure), on observe un groupe de jeunes arbustes de 1,25 à 1,75 mètres de haut (aux troncs assez fins et montrant quelques ramifications), en arrière



les arbres plus hauts entre 2 et 4 mètres de haut présentent des troncs de quelques centimètres et d'importantes ramifications.

En ce qui concerne les estimations d'âges, on retrouve quarante-trois jeunes pousses estimées à moins de 5 ans, quarante et un jeunes arbustes de 5 à 15 ans, quatorze de 15 à 25 ans et deux adultes de plus de 25 ans. Les individus de 5 à 25 ans sont ceux étant apparus entre la fin des années 1970 et le début des années 2000. Ils constituent 75,4 % de la couverture végétale.

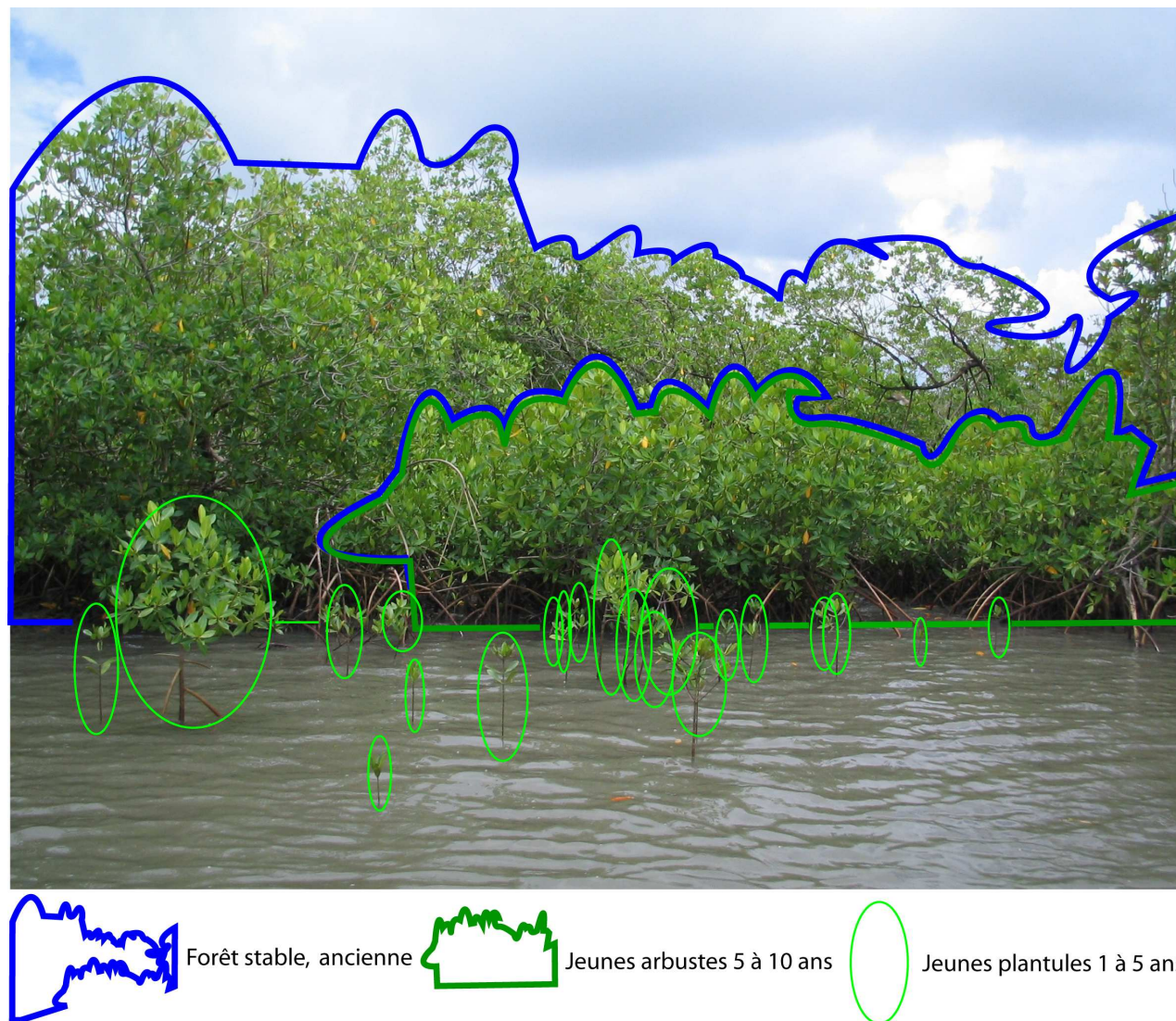


Figure 180 : Progression par conquête d'un nouveau banc de vase

### Régénération de coupes forestières

Sur le huitième relevé, en haut de l'estran, l'élément de paysage se présente sous la forme d'une végétation assez haute et assez dense d'*Avicennia africana* et de *Laguncularia racemosa* (figure 176b). On trouve, premièrement, la présence de quinze individus coupés. Il s'agit donc d'une ancienne coupe forestière en régénération. En effet, outre les quinze souches (dont on remarque bien les signes de coupes), dix-sept individus sont des rejets de souches d'*Avicennia africana* en taillis. Quatre individus sont estimés à plus de 25 ans, le secteur n'était donc que très peu végétalisé il y a 25 ans. Huit individus de 15 à 25 ans et trente-trois de 5 à 15 ans constituent la végétation qui est apparue entre la fin des années 1970 et le début des années 2000. En 2005 ces individus constituaient 25 % de la végétation. S'y ajoutent quarante jeunes pousses démontrant que la reprise s'est maintenue entre 2000 et 2005.





- Arbres coupés.
- Jeunes pousses postérieures à la coupe.

Figure 181 : Progression par régénération d'une coupe forestière

#### Identification des principales cinématiques des paysages de vasières (6.3.1)

La confrontation de la carte aux relevés de terrain a validé la carte, l'ensemble des relevés ayant été conformes à la carte. Elle a aussi permis de mettre en évidence une grande diversité de types de cinématiques (y compris lorsque par analyse d'images de télédétection, l'occupation du sol paraît stable) :

- **stabilité**
  - stabilité des peuplements anciens
  - stabilité sous coupe légère
  - stabilité malgré dépérissement
  - régénération régulière du peuplement
- **progression**
  - régénération des tannes
  - régénération des coupes
  - reconquête des rizières
  - progression des mangroves sur le bas de l'estran
- **régression**
  - tannification
  - coupe forestière
  - endiguement pour la riziculture.

### 6.3.2. Identification des principaux changements en terre ferme

La confrontation de la carte des changements de la terre ferme à la réalité du terrain, a été effectuée sur trente relevés stratifiés selon les trois types de changements. Les relevés de confrontation de la carte à la réalité du terrain pour la terre ferme sont présentés en tableau 20. Il s'agit donc de vérifier et expliquer dix taches de stabilité (6.2.2.1), dix taches de régression (6.2.2.2) et dix taches de progression (6.2.2.3).

#### 6.3.2.1. Stabilité

Cinématique	% COUV VEG + 25	% - de 5	% 5 - 15	% 15 à 25	% + de 25	MORT NAT	souche c	souche feu	rejet souche	rejet feu	pâturage	Icacina senegalensis
Stabilité	58,5	25	11	29	35	0	0	0	0	0	0	NON
Stabilité	60,1	43	21	28	8	0	1	0	0	14	0	OUI
Stabilité	73,3	37	3	13	47	0	0	0	0	0	0	NON
Stabilité	50,4	51	18	10	21	1	0	0	0	0	0	NON
Stabilité	61,1	53	13	13	21	0	0	0	0	0	0	NON
Stabilité	61,9	48	14	9	29	0	0	0	1	0	0	NON
Stabilité	98	3	4	0	93	0	0	0	7	0	0	NON
Stabilité	60,7	79	2	0	19	0	0	0	0	0	0	NON
Stabilité	54,2	52	28	1	19	0	0	0	27	0	0	NON
Stabilité	66,5	49	24	3	24	0	0	0	7	0	0	OUI

**Tableau 20 : vérité terrain des sites de stabilité des boisements de terre ferme**

Le premier relevé présente une végétation très basse et assez ouverte, apparemment assez jeune, bien qu'âgée de plus de 25 ans pour une partie assez importante pour avoir été détectée sur les images satellites de la fin des années 1970, d'autant que les jeunes arbres de moins de 25 ans peuvent avoir pris la place d'autres arbres disparus entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980.

Le deuxième et le sixième relevés présentent une végétation plus dense et plus haute de savane arborée. Les deux formations végétales sont dominées par des individus estimés à plus de 25 ans qui occupent une part suffisante de l'occupation du sol pour supposer de la continuité de la couverture végétale continue depuis 25 ans (figure 183a). Le second relevé montre cependant les effets d'un feu récent ayant rendu sénescents une partie des végétaux bas. Cependant, cela n'a pas endommagé la végétation au point de rendre inférieure à 30 % l'occupation du sol par la végétation.

Le troisième et le cinquième relevés présentent une savane forestière très dense et de très belle venue. Un peuplement de très hauts et grands arbres couvre la quasi-totalité du sol et laisse supposer que le peuplement est au moins ancien de 25 ans, probablement beaucoup plus.

Les relevés 4, 8, 9 et 10 sont des palmeraies. Bien que leurs exploitations fassent qu'une grande partie du peuplement végétal y est à chaque fois éliminée, rien ne permet de supposer que pour l'une d'entre elles, à la fin des années 1970 ou à la fin des années 1980, la couverture végétale ait été faible ou nulle.

Le septième relevé est une plantation de tecks apparemment datant de plus de 25 ans et dont l'exploitation se fait de façon légère avec pour conséquence un maintien du couvert végétal sur ces 25 dernières années.

#### *Stabilité d'une palmeraie exploitée.*

Le quatrième relevé (figure 183b) se situe à proximité de Gunjur dans la grande périphérie de Banjul, en Gambie. Le paysage est celui d'une palmeraie à rôniers, où d'autres espèces présentent de grands arbres (*Elais guineensis*, *Pterocarpus erinaceus*). En sous bois, se retrouvent de nombreuses jeunes pousses de rôniers, des arbustes et quelques jeunes individus d'espèces arborées.





A : Savane stable, forêt classée de Sangako  
(Bas-Saloum, Sénégal)  
B : Palmeraie stable sous exploitation  
(Gunjur, Kombo, Gambie)

Figure 182 : Quelques relevés de stabilité du boisement de terre ferme



La couverture végétale est très importante, l'occupation du sol par la strate arborée est largement supérieure à 30 %. Vingt-et-un individus sont estimés à plus de 25 ans, ils constituent 50,4 % de la couverture végétale. La végétation montre les traces de la cinématique propre à une palmeraie stable, exploitation d'une part des autres espèces qui pourraient concurrencer les palmiers, et renouvellement des palmiers eux-mêmes.

### 6.3.2.2. Régression

Les quatre premiers relevés se situent dans le Bas-Saloum continental et dans le Niumi, soit des régions récemment défrichées en vue de la culture de l'arachide. Ces quatre relevés présentent de très grandes étendues agricoles totalement défrichées, à l'exception d'un ou deux arbres laissés sur place pour se protéger du soleil pendant les cultures. Il semble bien s'agir d'espaces récemment défrichés pour les cultures qui bénéficient pour certains d'entre eux de quelques années de jachères ne permettant pas de reconstituer à proprement parler un boisement. Les cinquième et septième relevés se présentent tous deux également comme des espaces agricoles totalement ou presque totalement défrichés. Bien qu'ils se situent dans d'autres régions et qu'ils présentent la particularité d'être des parcelles délimitées au sein d'une matrice boisée, il s'agit cependant bien, ici aussi, de défrichement pour l'agriculture comme l'ont démontré les aménagements agricoles observés.

Les huitième et dixième relevés présentant des alignements de jeunes plants d'anacardiens sont tous deux des espaces d'abord défrichés et ensuite replantés en anacardiens.

Le neuvième relevé se présentait en 2005 comme une jachère sous palmeraie ouverte. Ce qui permet de supposer que quelques années avant la prise de vue récente, un défrichement partiel (coupe des buissons et petits arbres) a été effectué sous la palmeraie, puis qui a été probablement mise en jachère quelques années avant la mission de réalité-terrain.

Le sixième relevé présente une couverture arborée très faible. Il est par ailleurs le seul à ne montrer aucune marque d'activité agricole. Il s'agit donc du seul relevé dont le défrichement est lié aux activités forestières et non aux activités agricoles nouvelles ou cycliques. La présence de nombreuses souches et d'un site de fabrication du charbon laisse supposer que l'exploitation y est excessive.

#### *Défrichement agricole*

Le troisième relevé se situe à proximité de Missirah entre la forêt classée et la mangrove. L'espace est totalement déboisé. Cependant, ici certains buissons sont présents, ainsi que des touffes d'*Icacina senegalensis* (figure 184b).

#### *Sur-exploitation forestière*

Le sixième relevé se localise dans les Kalounayes. Le paysage est celui d'une savane très ouverte avec une couverture végétale très faible. La couverture arborée est largement inférieure à 30 %. La couverture buissonnante est très basse et principalement occupée par des arbustes de moins de 5 ans, absents donc lors de la prise de vue du début des années 2000. On remarque la présence de nombreuses souches et de sites de fabrication du charbon (grands cercles de cendres sur le sol). *Guiera senegalensis* et *Icacina senegalensis*, espèces de friches appauvries et de milieux perturbés, sont toutes deux présentes (figure 184a).





A : Régression des boisements de terre ferme par dégradation forestière progressive  
B : Régression des boisements de terre ferme par défrichement agricole

**Figure 183 : Quelques relevés de régression de la terre ferme**



### 6.3.2.3. Progression

#### Synthèse

Sur dix relevés cartographiés en progression entre la fin des années 1970 et le début des années 2000, huit apparaissent en progression (tableau 21). Un relevé peut être considéré comme une erreur de la cartographie à la fin des années 1970 où le secteur apparaît non boisé, ce que le terrain contredit. Le dernier relevé est un paysage qui évolue cycliquement où lors des deux années choisies il était respectivement boisé en 1979 et non boisé en 2000, ce qui diffère considérablement d'un déboisement durable effectué entre la fin des années 1970 et le début des années 2000.

Cinématique	Tx rec 5 à 25	% - de 5	% 5 - 15	% 15 à 25	% + de 25	MORT	REJET	ANC coupe	ANC FEU	ANC AGR
P1 Progression	69,4	62	15	23	0	0	0	non	non	oui
P2 Progression	2,2	78	3	0	15	4	6	non	non (feu récent)	non
P3 Progression	57,1	42	23	26	9	0	1	non	non	oui
P4 Progression	55,96	33	35	3	2	27	1	non	non (feu récent)	oui
P5 Progression	81,78	33	45	21	1	0	0	non	non	oui
P6 Progression	69	12	43	45	0	0	0	non	non	non
P7 Progression	67,6	36	43	16	4	1	0	non	non	oui
P8 Progression	51,6	66	29	5	0	0	0	non	non	oui
P9 Progression	5,25	85	5	0	10	0	17	non	non	oui
P10 Progression	18,2	75	17	1	7	0	21	non	non	oui

**Tableau 21 : vérité terrain des relevés de progression des boisements de terre ferme**

Sur les huit relevés où la végétation a réellement connu une progression entre la fin des années 1970 et le début des années 2000, six sont des enfrichements agricoles, un est la mise en place d'un verger d'anacardiens et un relevé n'a pas permis d'identifier l'usage du sol à la fin des années 1970. Pour ce dernier, on peut formuler deux hypothèses : celle d'une jachère agricole ou celle d'un espace de pâturage qui se serait densifié par la diminution de la pression pastorale, la moins grande fréquence de feux de brousse ou l'amélioration climatique de la fin des années 1990. Il apparaît donc globalement, à l'instar des dix relevés de régression, que l'agriculture est de loin le principal facteur de changement d'un stade boisé à un stade non boisé.

#### Enfrichement agricole

Le premier relevé se localise dans le Sine à proximité de Samba-Dia, dans un vallon. La végétation se présente sous la forme d'un boisement ouvert, mono-spécifique à *Faidherbia albida*. Le relevé présente les marques de pâturage. Il semblerait donc qu'il s'agisse d'un espace mis en pâture depuis peu, dont l'utilisation précédente ne pouvait être qu'agricole. On peut supposer que l'effet du troupeau favorise la légumineuse car elle est trop épineuse pour être consommée. Quinze jeunes arbres sont estimés à entre 15 et 25 ans, vingt-trois sont estimés à entre 5 et 15 ans, soixante-trois jeunes pousses ont été estimées à plus jeunes que la prise de vue du début des années 2000 (figure 185a).

#### Savane stable cartographiée comme non boisée à la fin des années 1970.

Le deuxième relevé se localise dans la forêt de Fathala dans une savane boisée assez ouverte, largement dominée par *Daniellia olivieri* (figure 185b). Si un tapis extrêmement dense de jeunes pousses de *Daniellia olivieri* (quatre-vingt-trois de moins de 5 ans et trois de 5 à 10 ans) démontrent la grande capacité de régénération de *Daniellia olivieri*, les quinze arbres estimés à plus de 25 ans couvrent cependant tout de même une large partie du sol et constituent une part très importante de la végétation. Les arbres de taille moyenne et les arbustes montrent les signes d'un feu récent, important, ayant atteint les branches s'élevant à 3 mètres. Ce feu a eu lieu entre la prise de vue et la mission de terrain, les effets n'en sont donc pas perceptibles sur la carte d'occupation du sol au début des années 2000.

Pour expliquer l'erreur de cartographie, il est possible de supposer premièrement, qu'à la fin des années 1970, les arbres en situation de stress hydrique montraient une très faible activité chlorophyllienne.





A : Progression d'un boisement à *Faidherbia albida* (Samba-Dia, Sine, Sénégal)

B : Site d'erreur de cartographie, forêt stable cartographiée comme en progression (forêt classée de Fathala, Sénégal)

**Figure 184 : Progression des boisements de terre ferme et erreur de cartographie**



Deuxièmement, le secteur a pu connaître, comme ça a été le cas entre la prise de vue et le relevé de terrain, un feu ; dès lors, en l'absence de sous-bois, l'activité chlorophyllienne détectée sur l'image a pu être très faible. Troisièmement, la cartographie s'appuyant sur une image MSS, qui possède quatre canaux au lieu de six, a pu accentuer le risque de mauvaise interprétation d'un très faible pic de réflectance du proche infrarouge.

### Identification des principales cinématiques des paysages de terre ferme (6.2.2)

La confrontation de la carte à la réalité du terrain a donné bien qu'avec ici une erreur des résultats tout à fait satisfaisants. Elle a permis de mettre en évidence un certain nombre de cinématiques :

- stabilité :
  - stabilité des savanes avec possible destruction du sous-bois par le feu,
  - stabilité des palmeraies exploitées,
- progression :
  - jachères,
- stabilité :
  - défrichement agricole,
  - surexploitation forestière.

Les cinématiques des paysages de terre ferme sont en faible nombre, notamment parce que la cinématique agricole est de loin le principal facteur de changement en terre ferme. Les défrichements pour l'agriculture, la culture itinérante sur brûlis et les enfrichements de parcelles agricoles abandonnées et mise en place de nouveaux vergers d'anacardiens constituent la majeure partie des changements détectés en terre ferme. La dégradation forestière a été constatée une fois, complétée d'une plantation de tecks et d'une palmeraie stable sous exploitation purement forestière, ainsi qu'une savane stable malgré des feux répétitifs et même parfois importants.

### Identification des principales cinématiques des paysages (6.2)

En conclusion de la description des relevés de vérité terrain, on peut rappeler la liste des principales cinématiques :

- Tannification des mangroves
- Stabilité malgré la coupe partielle
- Stabilité malgré le dépérissement partiel
- Coupe forestière, suivie de l'enfrichement
- Endiguement
- Enfrichement des rizières
- Régénération des tannes
- Régénération des coupes
- Défrichement pour l'agriculture
- Enfrichement de jachères agricoles
- Mise en place de vergers d'anacardiens
- l'ensemble des cinématiques de la palmeraie en culture itinérante sur brûlis.

D'autre part, on peut rappeler que la carte est ainsi amplement validée, cinquante-neuf relevés sur soixante présentant une concordance entre la carte et la réalité du terrain. Enfin, certains résultats semblent se deviner, les cinématiques des vasières au nord sont plutôt d'ordre hydro-climatique, alors que les cinématiques de la mangrove dans le nord bissau-guinéen et celles de la terre ferme sur l'ensemble de la zone sont liées à l'interface forêt-agriculture. Toutes ces informations méritent cependant de plus amples confirmations, notamment par des études plus systématiques à une échelle plus fine, celles des finages villageois.

### Cinématique des paysages (6)

En conclusion de ce chapitre, une esquisse d'interprétation en terme de dégradation peut être tentée. Lorsque l'on a examiné la carte des changements et les quantifications des superficies boisées à l'échelle régionale, la situation semble favorable et l'on peut parler d'une amélioration des paysages ouest-africains. Lorsque l'examen est établi aux échelles plus fines, certaines régions apparaissent comme présentant une forte régression, d'autres allient régression et progression, enfin d'autres présentent une forte progression. Or ces portraits ne peuvent, tels quels, être interprétés en terme d'amélioration ou de détérioration des ressources et des services écologiques.

Il peut ensuite être dressé une liste de cinématiques, lesquelles peuvent être plus aisément associées à un processus de dégradation ou d'amélioration des paysages. Si au sein de la liste ci-dessus on s'intéresse aux changements les plus importants, on peut présenter les conditions qui mènent à une dégradation ou à une amélioration. La tannification, en ce qu'elle mène à une totale disparition de la ressource en bois ou à une détérioration des sols quasi-irréversible, constitue une dégradation, sauf dans la mesure où les tannes sont absents et où leur apparition permet l'apparition d'un nouvel habitat et de nouveaux services écologiques. La régénération des tannes apparaît donc comme une amélioration des paysages, sauf dans le cas inverse à celui présenté ci-dessus.

La coupe forestière qui mène à la disparition du caractère boisé est une dégradation des paysages en ce qu'il s'agit d'une diminution de la biomasse, qui élimine pour un temps donné les ressources et services forestiers. Le seul cas de figure est celui de la création de clairière dans un massif totalement fermé qui permettrait de créer une hétérogénéité bénéfique à la biodiversité. La régénération des coupes constitue donc une amélioration des paysages.

Le défrichement agricole d'une savane ou d'une mangrove par endiguement des vasières, étant la voie d'une production agricole importante, n'est une dégradation des paysages que si la ressource en bois et les services apportés par le boisement qui disparaît sont menacés à l'échelle locale. L'enfrichement des anciens espaces agricoles (en vasières ou en terre ferme) n'est une dégradation des paysages que dans le cas où il mène à la diminution de la capacité de production agricole du territoire impliqué. Dans d'autres cas, le développement de nouvelles superficies boisées constitue une amélioration des paysages.

Ainsi, il apparaît nécessaire dans tous ces cas de figures d'étudier l'agencement et la cinématique des paysages à l'échelle locale autour des villages. Cette étude permettra ensuite d'appréhender la question de l'économie villageoise pour savoir quelles sont les conséquences pour la production agricole et les ressources des différentes cinématiques.



## 7. Dynamique des paysages à l'échelle des villages

Au début des années 2000, la trame des paysages est constituée de deux ensembles : l'un très peu boisé, ponctué de boisements très ouverts, et l'autre, assez largement boisé avec une fréquence croissante du nord au sud des paysages aux boisements denses et très denses, et une fragmentation qui diminue vers le sud jusqu'à s'inverser dans le Nord bissau-guinéen. Cet agencement est avant tout le résultat de phénomènes antérieurs aux trente dernières années ici étudiées. En effet, l'analyse des changements montre que si les changements sont très importants puisque 30 % de la zone d'étude ont connu un boisement ou un déboisement, ils n'ont pas fondamentalement modifié l'agencement des paysages à l'échelle macro-régionale. Cependant, à l'échelle micro-régionale, les changements sont marqués et contrastés d'une région à l'autre.

Pour certaines régions qui ont connu des changements importants, il s'agit de dresser des constats précis des causes, processus et conséquences de ces changements, de sorte à savoir notamment si ces changements sont négatifs pour les ressources, les économies ou les services écologiques. Pour cela, nous avons choisi d'examiner l'agencement et la cinématique des paysages à une échelle toute autre, celle des finages villageois. Cette échelle permet en effet d'appréhender la structure des éléments de paysages, constitutive de la structure observée et décrite aux échelles régionales examinées plus haut. D'autre part, elle permet de décrire l'occupation du sol des villages à partir d'autres critères que ceux perçus par télédétection à moyenne résolution. En d'autres termes, elle permet d'en voir la structure spatiale fine, la structure horizontale et la composition botanique. Le choix d'effectuer l'étude à l'échelle locale autour du village s'appuie sur le constat mis en évidence par l'examen de soixante sites de changements importants que le principal facteur de modification des paysages est l'évolution des activités agro-sylvo-pastorales. Or, ces activités s'organisant autour du village, cette étude nécessite un examen du lien entre le finage villageois et les paysages.

Cinq villages ont été choisis pour représenter la plupart des changements de grande emprise micro-régionale. **Diamniadio (7.1)** est un village des îles du Gandoul situé au cœur du secteur de forte régression des mangroves et de progression des boisements de terre ferme. Dans le Bas-Saloum continental, à **Bani (7.2)**, les boisements de terre ferme avoisinant le village sont caractérisés par une importante régression et les paysages de mangrove qui le bordent montrent une assez grande stabilité. **Brefet (7.3)** est un village du Fogny gambien. La presqu'île de Brefet, à l'instar de l'ensemble des bords de vasières du Fogny et du Boulouf, connaît la combinaison d'assez nombreuses taches de progression et de régression dans une matrice de boisements stables. **Kamobeul (7.4)** est un village du Kassa. Les mangroves, de part et d'autre de la presqu'île sont caractérisées par une régression nuancée par quelques secteurs de progression. Sur la presqu'île c'est la progression des boisements qui apparaît. **Apilho (7.5)** est un village de la rive nord du Rio Cacheu. Il se situe donc dans un ensemble assez complexe de taches de changements (progression et régression) montrant un changement très important des paysages de terre ferme. La mangrove est caractérisée par d'assez grandes surfaces en progression.

## 7.1. Diamniadio (îles du Gandoul, Saloum, Sénégal)

Diamniadio est un village insulaire assez isolé dans les îles du Gandoul, à égale distance de Foundiougne et de l'île de Mar. Le fleuve Saloum coule en rive sud-est de l'île, isolée par ailleurs par des chenaux secondaires (figure 186). Il s'agit ici de savoir comment se concrétisent, à l'échelle villageoise, la régression de la mangrove et la progression des boisements de terre ferme observés dans la sous-région de sorte à jauger des pertes et gains en ressources et en services écologiques. Cependant, cet examen nécessite une analyse fine des éléments de paysages et de leur structure (7.1.1), avant d'étudier les pratiques et leurs évolutions (7.1.2). Dans un troisième temps, on croiera les indications relevées sur les paysages et durant les enquêtes sur les processus de changements (7.1.3). L'ensemble de ces analyses permettra enfin de savoir si ces processus constituent ou non une dégradation.







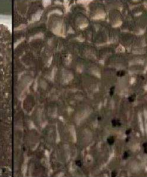
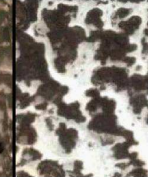
### Pélissier (1966) décrit les villages des îles du Gandoul comme suit :

« Une société égalitaire et par conséquent sans castes » dont les habitants « sont à la fois pêcheurs et paysans ». La vie des villages Niominkas, selon l'auteur, est rythmée par les saisons. Durant la saison sèche, les hommes partent pour des missions de pêche collectives plus ou moins longues et lointaines, voire de contrebande. Les jeunes femmes migrent aussi, à la saison sèche, pour les villes cependant. À la saison des pluies, les hommes retournent au village pour les cultures. « Chaque Niominka possède au moins une rizière, généralement plusieurs, réparties à la périphérie des îles, soit sur des sols sableux assez bas pour conserver l'humidité, soit dans les bas-fonds argileux qui échappent cependant à la visite des marées hautes. Il ignore l'usage des techniques savantes dont disposent les Diolas, et qui permettent en particulier d'établir des rizières à l'emplacement des mangroves. » L'auteur précise, cependant, en note de bas de page, qu'il est possible que ces techniques ne soient pas adaptées car le milieu ne le permet pas. » Il s'agit donc d'une riziculture pluviale, à risque, non repiquée permettant d'assurer les besoins du village pendant trois à cinq mois.

« La personnalité des Niominkas, enfin, s'affirme dans leur caractère réceptif et progressiste, [...]. Leurs techniques de production ne sont pas, comme ailleurs, figées mais au contraire en permanente évolution ; la gamme de leurs activités n'est pas limitée dans un cadre traditionnel mais s'élargit sans cesse en même temps que croissent les besoins de cette population ambitieuse et industrielle. »

### 7.1.1. Agencement des paysages à Diamniadio

Le paysage est un espace hétérogène, d'échelle kilométrique, caractérisé par une structure d'éléments différents que l'on peut assimiler à des écosystèmes. Un finage villageois est donc composé de quelques paysages, eux-mêmes composés de quelques éléments. Ces éléments de paysage sont des parcelles agricoles, des massifs boisés, des hameaux villageois, des villages... et s'organisent en paysages en fonction de leur structuration propre. L'occupation du sol à l'échelle fine permet donc de définir et cartographier les éléments de paysage par zonage. Cette description n'est pas un exercice académique pour une description systématique et approfondie, mais la première étape des analyses rétrospectives qui vont permettre de renseigner le plus précisément possible les évolutions des éléments de paysage. Seront d'une part, ainsi présentés les éléments de paysages des vasières (7.1.1.1) et ceux des paysages de terre ferme (7.1.1.2). D'autre part, une fois le zonage établi, la structure permet de définir les paysages et de mieux comprendre l'impact des différents changements sur les ressources et services écologiques. À une échelle encore plus fine, les différents éléments de paysages et leurs structures les plus fréquentes seront amplement décrits par des coupes et des photographies (7.1.1.3).

EXTRAIT	CRITERES D'INTERPRETATION	INTERPRETATION
	Fond beige-orangé, éléments grands rectangulaires gris ou blancs	Village
	Fond beige-verdâtre, éléments moyens, ronds et vert sombre, en tapis continu	Mangrove de rive à <i>Rhizophora racemosa</i>
	Fond beige-verdâtre, éléments petits, ronds et vert sombre, en petits amas	Arrière mangrove mixte
	Fond beige-verdâtre à gris-blanc en grandes plages	Tanne
	Fond marron clair, à structure sub-rectangulaire peu marquée (par linéaires beiges) éléments moyens, ronds et verts en amas	Rizièrè complantée, partiellement enfrichée
	Fond marron moyen éléments moyens, ronds et verts	Savane ouverte
	Fond marron clair, à structure sub-rectangulaire peu marquée (par linéaires marron plus sombre)	Rizières
	Fond blanc et éléments de grande taille marron sombre de forme courbe	"pseudo-tannes"

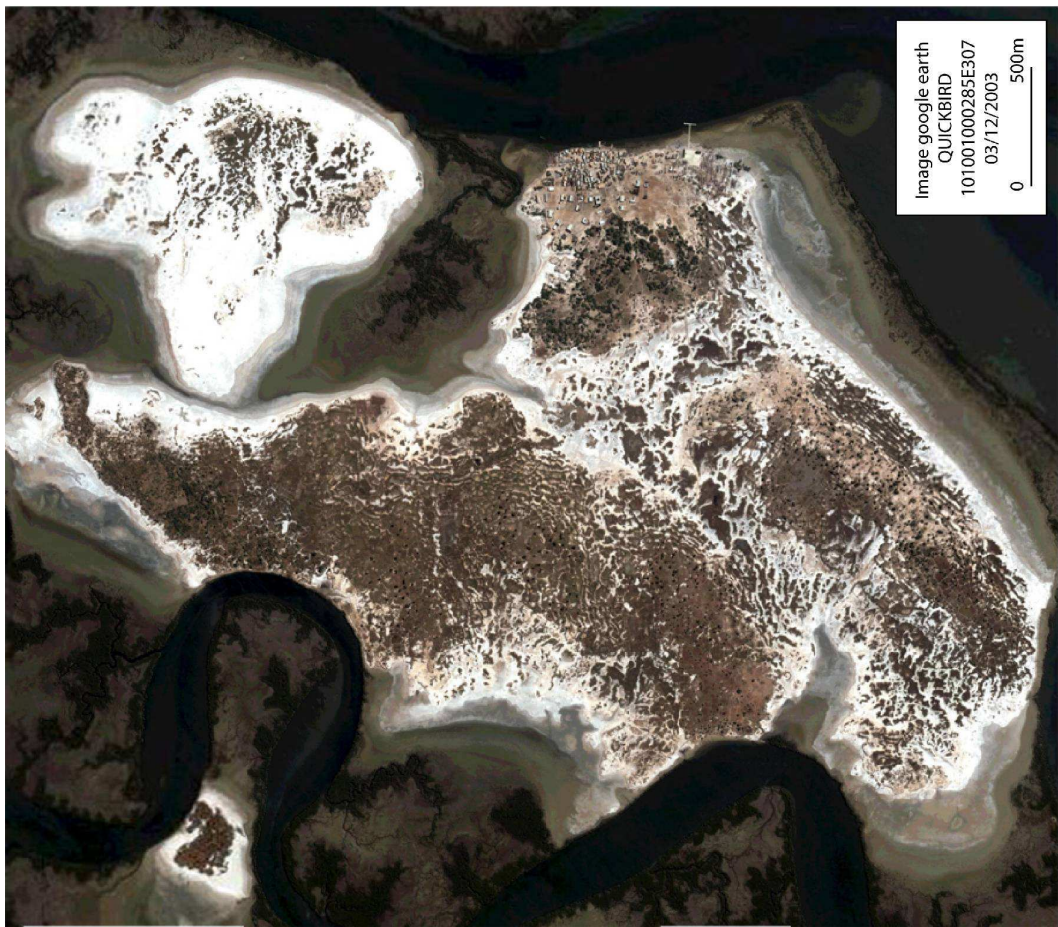


Figure 185 : Reconnaissance des éléments de paysage du finage de Dianmiadio



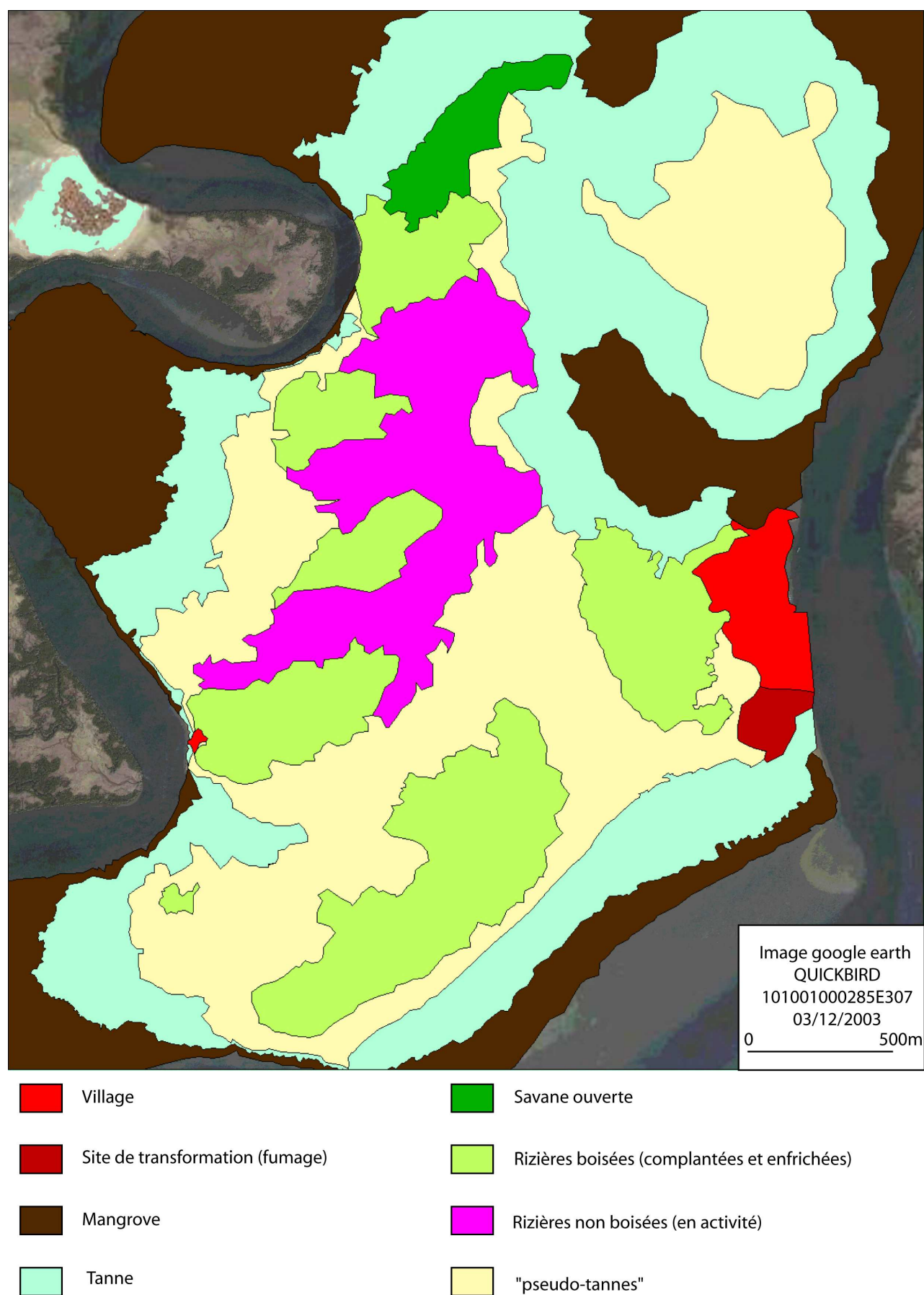


Figure 186 : Zonage des éléments de paysage, finage de Diamniadio

### 7.1.1.1. Les éléments de paysage des vasières

Le fleuve Saloum borde l'île au sud-est avec un tracé nord-est/sud-ouest et assez droit (figure 186). Il est ici large de 1870 mètres et présente quelques bancs de vase, jamais ou rarement exondés, qui occupent le centre du chenal. Les chenaux de mangrove présentent sur l'image un tracé sinueux large de 50 à 200 mètres et dessinent de larges méandres. Des chenaux de troisième ordre complètent le réseau. Ils sont très fins, à peine quelques mètres. On en retrouve un au nord du village. Le fleuve Saloum et les chenaux se présentent comme une étendue d'eau assez turbide, plus ou moins sombre selon la présence de bancs de sable et leur profondeur.

C'est le long de ces chenaux secondaires, tout particulièrement à l'intérieur des larges méandres et autour des chenaux tertiaires, que se développent les principaux massifs de mangrove (figure 186, figure 188), sauf pour quelques secteurs de rive concave, là où le courant bute sur la rive et l'érode empêchant la sédimentation et donc la constitution de vasières intertidales. Le premier élément est la mangrove à *Rhizophora racemosa* (figure 186, figure 188b). Le long de ces chenaux, la mangrove constitue une bande de cette formation assez dense, presque continue là où la fréquence d'inondation permet son développement. La partie basse de l'estran présente des individus de *Rhizophora racemosa* relativement hauts (2,5 à 4 m). La mangrove à *Rhizophora racemosa* est ici composée d'un linéaire discontinu d'un ou deux arbres d'épaisseur qui borde les rives des chenaux.

En arrière, l'arrière-mangrove discontinue est présente sur une largeur variable. Les parties hautes de l'estran sont occupées d'arbustes d'*Avicennia africana* et de *Rhizophora mangle*. Ce sont des arbustes de 25 cm à 2,5 m de haut constitués tant de jeunes individus que d'anciens, dont le port, bas et tortueux, est une réponse au stress écologique (figure 186, figure 188a).

Entre mangrove et terre ferme, le tanne constitue une discontinuité dans la végétation large jusqu'à 350 mètres, avec d'un bout à l'autre une fréquence d'inondation (donc d'humidité) variable. Les tannes présentent de larges étendues de vasières totalement dénudées avec des affleurements salins (figure 186, figure 188c).

### 7.1.1.2. Les éléments de paysage de terre ferme

On observe le village, situé à l'est de l'île, au bout d'un chenal qui aboutit directement au fleuve. Le village s'étire le long du rivage sur près de 700 m depuis l'école au nord jusqu'aux fours pour fumer le poisson au sud, avec une profondeur de 300 m.

La densité du bâti décroît depuis le rivage vers l'intérieur, notamment dans les parties nord et sud, là où se trouvent les bâtiments les plus récents et les bâtiments publics : mosquée, école...

Autour du village, se trouvent des rizières (figure 189c). Les arbres sont isolés et semblent localisés de façon plus régulière, les arbustes formant plutôt des agrégats. Au nord-ouest de l'île, un secteur de rizière est presque totalement dépourvu de végétation arborée. Cinq grandes taches de rizières boisées et une petite se rencontrent sur l'île. Une grande tache de rizières non boisées s'observe dans la moitié est de la pointe nord de l'île principale. Sur le terrain, l'intérieur de l'île présente ensuite une infinité d'intermédiaires entre la rizière totalement déboisée (par exemple, dans le nord-ouest de l'île : figure 189d) et la rizière totalement enfrichée constituant une mosaïque où domine un boisement ouvert. Dans celui-ci, la strate haute, quand elle existe, est constituée par *Mitragyna inermis* ; les strates moyennes et basses sont largement dominées par *Faidherbia albida* (figure 189b). Dans le nord de l'île, la savane est aussi dominée par *Tamarix senegalensis* et *Mitragyna inermis* avec des arbres au port buissonnant, hauts de 2 à 4 m. Vers le hameau de Ndimsiro, et autour de Diamniadio, on remarque ainsi un cas intermédiaire : des rizières ponctuées d'arbres et d'arbustes sur les digues et au bord des chemins (figure 189c). Des boisements ouverts s'observent à la pointe nord de l'île principale.





A : Mangrove basse et ouverte (intérieur d'un méandre)  
 B : Rideau discontinu de *Rhizophora racemosa*.  
 C : Tanne

Figure 187 : Les vasières à Diamniadio



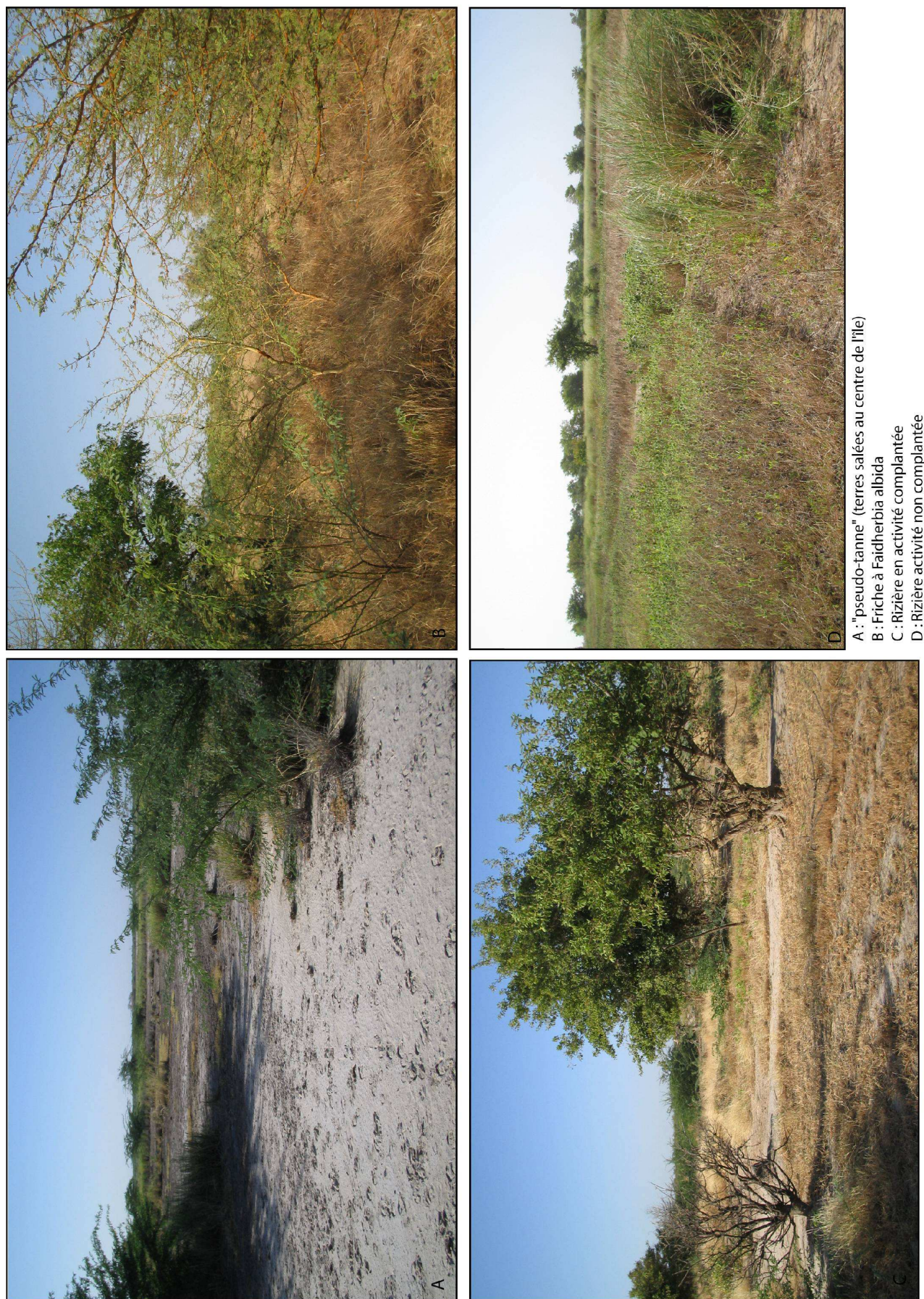


Figure 188 : La terre ferme à Diamniadio



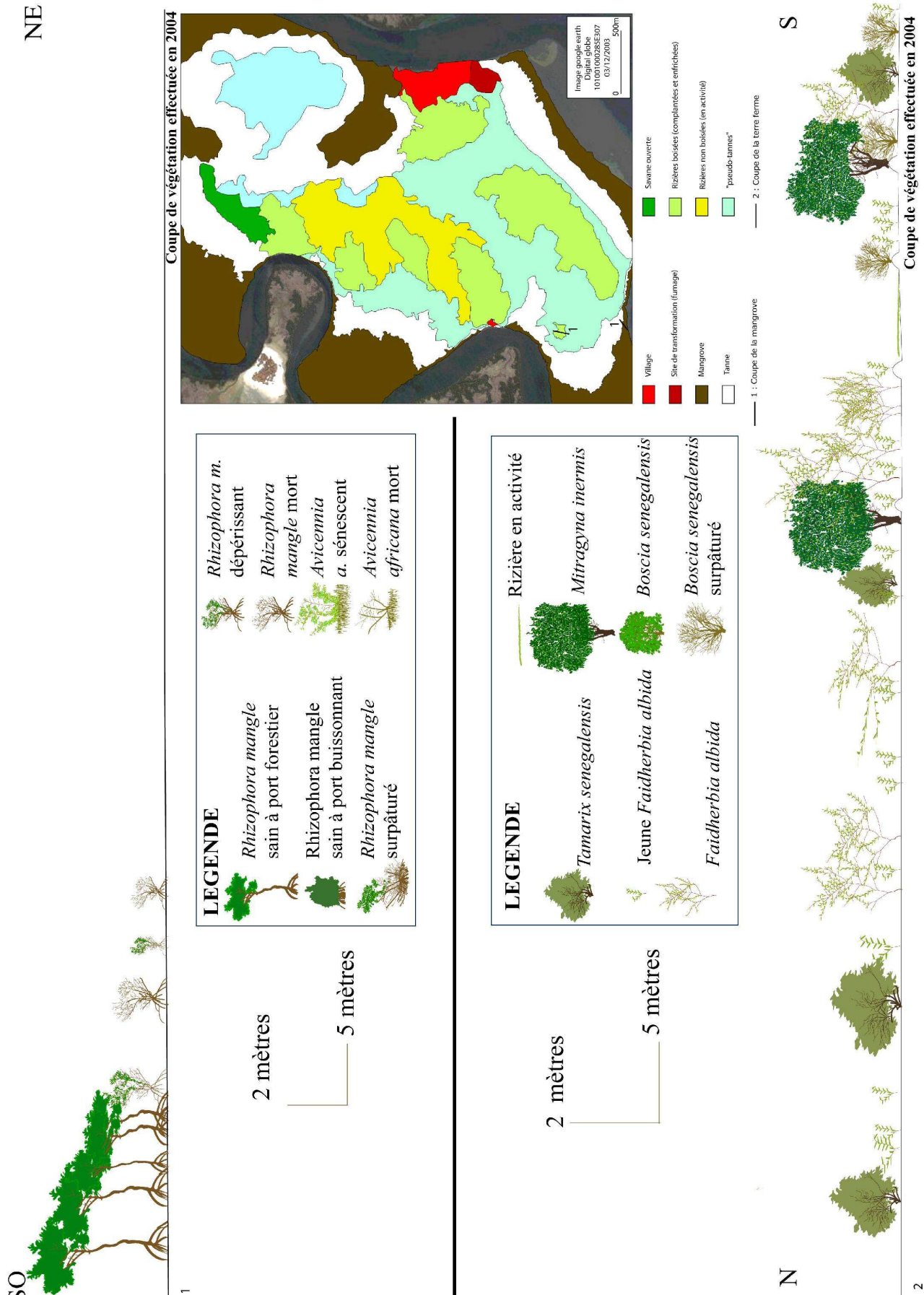


Figure 189 : Paysages de Diamniadio

Le reste de l'île est constitué d'une matrice de « pseudo-tannes »<sup>44</sup>. Ils occupent la zone de contact avec le tanne, l'ensemble de la presqu'île au nord-est de l'île et un couloir entre le micro-chenal au nord du village et le hameau de Ndimiro. Les « pseudo-tannes » sont des sols nus où le sel affleure, seulement couverts par quelques taches linéaires de tapis herbacé et quelques arbres isolés ou des bosquets arbustifs. Deux espèces seulement s'y développent : *Tamarix senegalensis*, souvent âgé, et *Faidherbia albida* avec des individus plus jeunes (figure 189a).

### 7.1.1.3. Les paysages de Diamniadio

La carte d'occupation du sol qui résulte du zonage systématique des éléments définis ci-dessus (figure 187) montre que l'on retrouve bien deux familles de paysages : les paysages de vasières et ceux de terre ferme. Le village de Diamniadio étant situé sur une île, il connaît un territoire de terre ferme fini, bordé de vasières.

Plus en détail, on aperçoit que les paysages des vasières sont tous bordés d'une part par l'eau et d'autre part par le tanne. Les éléments végétaux, eux, varient et les paysages se décomposent en deux types qui diffèrent par leur aspect mais pas par la végétation qui les constitue. Dans ces deux cas, la mangrove se présente classiquement dans sa variation suivant la pente de l'estran. La différence réside dans l'importance de chaque élément, celui variant le plus étant l'arrière-mangrove qui peut s'étendre sur plusieurs dizaines de mètres ou être absente.

Dans les secteurs les plus favorables d'un point de vue édaphique et où l'action du troupeau ne se fait pas sentir, l'arrière-mangrove s'étale sur une assez large bande où la végétation décroît vers le haut de l'estran en hauteur et en densité. La figure 188a présente les bords d'un micro-chenal : on se situe ici assez haut sur l'estran avec une bande large de 1 à 2 m de *Rhizophora mangle* hauts au port buissonnant. Entre les arbustes, la régénération de *Rhizophora sp.* est assez abondante comme le démontre la présence de nombreuses plantules de *Rhizophora sp.* Conformément aux observations menées dans l'ensemble du delta, *Avicennia africana* ne se régénère pas.

Dans les secteurs plus salés et/ou surpâturés, cette formation disparaît. La figure 193a montre ce peuplement discontinu avec des arbres morts sur pieds, dans un secteur où le chenal laisse place directement au tanne. Sur la figure 193b, la formation arbustive disparaît sous le double effet de la salinisation croissante des sols et du surpâturage (figure 193e). Les arbustes et plantules de *Rhizophora mangle* et les arbustes d'*Avicennia africana* bas et mal venants pour raisons écologiques ont été l'objet d'un pâturage légal. Les marques se lisent sur les arbustes les plus bas par la cassure des petites branches et la consommation de toutes les feuilles accessibles (figure 193c). Sur les arbustes plus hauts, le pâturage donne un port particulier lié à la consommation des branches basses, accessibles aux bovins, et un houppier intact (figure 193d).

En terre ferme, le principal type de paysage est donc une combinaison de « pseudo-tannes » et de rizières plus ou moins enfrichées. On y retrouve une variabilité due à l'importance des taches de rizières dans la matrice de « pseudo-tannes », et à l'importance du couvert ligneux des rizières ou des anciennes rizières. La carte d'occupation du sol met à part la tache de savane ouverte, que l'on considérera comme une variation assez minime du paysage de pseudo-tannes et de rizière enfrichée. De plus, il n'occupe que très peu d'espace sur l'île.

#### Agencement des paysages à Diamniadio (7.1.1)

La première caractéristique des vasières est le faible boisement par une mangrove basse et mal-venante, montrant les marques d'une gestion en taillis et d'un pâturage. Ces paysages n'offrent qu'une ressource très limitée et probablement que des services écologiques réduits, la bande de mangrove étant bien trop étroite pour constituer une ressource durable exploitable. Elle est également trop fine pour constituer un habitat pour des espèces ayant besoin de se cacher, ou tout simplement besoin de grands

<sup>44</sup> Je me permets ici la création d'un néologisme. En effet, l'île de Diamniadio connaît des remontées d'eau salées à travers la nappe phréatique qui salent les sols du centre de l'île, recréant une salinité et une acidité propres aux tannes qui rendent impossible le développement d'un certain nombre de végétaux.



territoires forestiers, ainsi que pour toutes les espèces ayant des besoins de formations hautes à plusieurs strates.

Sur terre ferme, l'île présente, dans une matrice de sols nus et salés (« pseudo-tannes ») où seuls quelques *Tamarix senegalensis* et *Faidherbia albida* se développent, un petit nombre de taches : une tache de rizières en pleine activité, quelques taches de rizières partiellement en friche et une tache de savane arbustive. Ces différents éléments sont structurés par les différences pédologiques liées à la microtopographie. Il apparaît en outre que les paysages de terre ferme semblent inaptes à une importante production agricole et également inaptes à une exploitation durable du bois. Les services écologiques des paysages de terre ferme sont probablement faibles du fait de la fragmentation des maigres boisements, bas, ouverts et à très faible biodiversité ligneuse.

Les paysages de Diamniadio offrent aujourd'hui une ressource en bois assez faible, bien que probablement en voie de devenir suffisante en cas de bonne gestion des friches de la terre ferme. L'espace accordé à la production agricole semble très restreint, ne permettant probablement pas une production alimentaire suffisante. La diversité des formations végétales est assez grande, en ce que l'on trouve un large spectre de densité de boisement en terre ferme et en mangrove ; mais ces éléments de paysages sont fragmentés, de très faibles superficies et tous très bas et très peu stratifiés.

### 7.1.2. Répartition et évolution des pratiques à Diamniadio

Quelles activités s'insèrent dans les deux types de paysages de l'île : les rizières partiellement enfrichées et les mangroves basses, ouvertes et déperissantes (7.1.2.1) ? Quelles sont les évolutions des pratiques qui peuvent avoir provoqué ou avoir été provoquées par les évolutions de ces deux types de paysages (7.1.2.2) ?

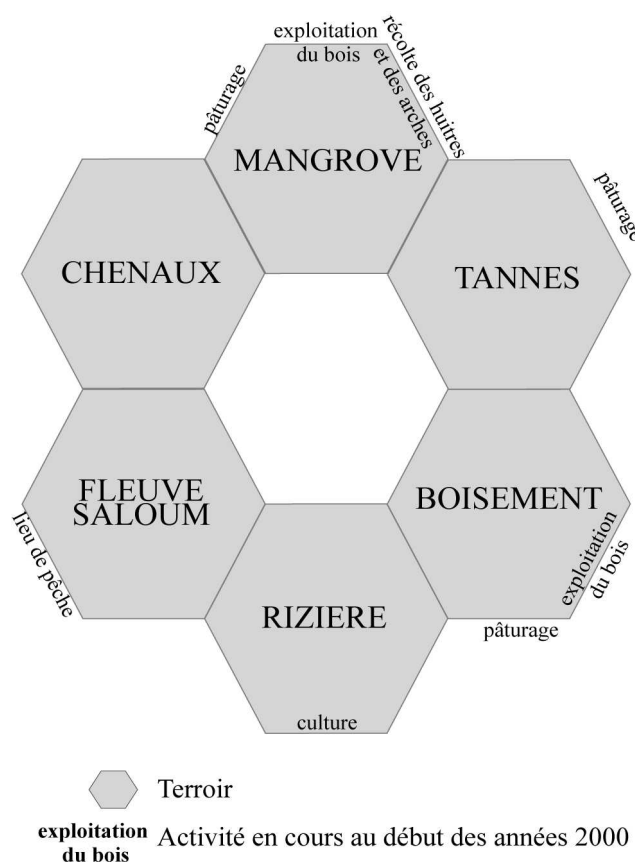


Figure 190 : Le finage de Diamniadio

### 7.1.2.1. Portrait des activités de Diamniadio

Les activités des villageois de Diamniadio sont assez peu nombreuses (figure 191). On trouve avant tout la riziculture et également la pêche. « Ici, à Diamniadio, on pêche, on cultive le riz et les femmes elles vont chercher les arches et les huîtres ». Ces activités sont bien sûr accompagnées d'un certain nombre d'activités d'importance moindre : « Le troupeau, c'est quand on gagne beaucoup d'argent, on achète un bœuf. Si on n'a plus d'argent on peut vendre le bœuf », et enfin l'exploitation de la mangrove pour son bois et ses huîtres : « D'abord, avec la mangrove on peut avoir du bois. La plupart des familles de Diamniadio ont le gaz, mais certaines sont trop pauvres et vont chercher le bois mort de mangrove. Des fois, quand il n'y a pas de bois mort, on prend le coupe-coupe, on fait sécher et on brûle après. On a besoin de beaucoup de bois ici dans les îles car il faut du bois pour cuisiner, pour cuire les huîtres et les arches. La mangrove c'est là où il y a des huîtres, aussi ».

**Pêche à l'ethmalose**<sup>45</sup>. La première activité, la pêche, a lieu dans le fleuve Saloum. Les pêcheurs tendent des filets maillants dérivants sur plusieurs dizaines de mètres, perpendiculairement au sens du courant, au moment de la marée descendante de la fin d'après-midi et piègent ainsi essentiellement l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata*) et la sardinelle (*Sardinella maderensis*). Ces deux poissons sont vendus à des marchands guinéens à l'arrivée au port.

**Riziculture**. La riziculture à Diamniadio est une riziculture pluviale qui s'effectue dans de petits casiers dessinés sur le sol de l'intérieur de l'île, avec de petites diguettes. Au centre du casier, les paysans Niominka dessinent des sillons avec le kadyendou, à l'instar de leurs « cousins » diolas. Le riz est planté puis effectue, sans repiquage, tout son cycle dans le même casier. Le riz est consommé par les villageois.

**Pêche féminine**. La récolte des huîtres s'effectue dans des secteurs de mangrove haute aux rhizophores et racines échasses les plus développées possibles. Cette activité a donc lieu hors de l'île et hors des îles du Gandoul, sous la forme de campagnes de quelques heures, éventuellement de quelques jours. Les femmes partent en petits groupes et détachent pendant plusieurs heures les huîtres des racines (quelques fois en coupant malencontreusement les racines elles-mêmes<sup>46</sup>). Les huîtres sont ensuite cuites à l'aide de bois de mangrove récolté mort (et quelque fois coupé vert et séché).

**Parcours**. Le village de Diamniadio possède un troupeau assez important, auquel il s'agit de fournir du pâturage toute l'année. Le calendrier est celui-ci : « pendant la saison des pluies, on les laisse là-bas [les friches] pour qu'ils n'aillent pas dans les rizières. Quand on a récolté ils peuvent aller partout. ». À la saison des cultures, les rizières sont défendues et les troupeaux sont uniquement localisés dans les friches, les pseudo-tannes et les arrières mangroves. Hors de la saison des cultures, dès que le riz est récolté, les troupeaux sont libres. « Maintenant c'est [les rizières] pour les troupeaux ». Après la récolte, les bœufs privilégient fortement les rizières fauchées après les cultures, puis se rabattent quand le fourrage se fait rare dans les rizières vers les herbacées du tanne et des « pseudo-tannes », les arbustes des friches et les arrières mangroves.

**Exploitation du petit bois**. Une troisième activité s'ajoute au pâturage de l'arrière-mangrove pour modeler le paysage. Il s'agit d'une exploitation de petit bois dans les mangroves attenantes au village. On remarque en effet un certain nombre de branches coupées dans les formations de mangroves accessibles à pied depuis Diamniadio. Cette exploitation légère et continue de petit bois s'exerce également en terre ferme dans les boisements des friches et des pâturages.

<sup>45</sup> L'ethmalose, *Ethmalosa fimbriata* est un poisson adapté aux eaux hyperhalines. Il est donc très abondant dans le fleuve Saloum où il suit quotidiennement le battement de la marée. Possédant un très grand nombre d'arrêtes fines et cassantes, il est généralement considéré comme un poisson de faible qualité au Sénégal.

<sup>46</sup> La coupe des racines par les femmes durant la récolte des huîtres est l'objet d'une polémique sur laquelle j'ai rapidement travaillé durant mon DEA (Andrieu, 2004), d'où l'emploi du mot « malencontreusement » qui résume et tente de simplifier une situation complexe.

**Bois de mangrove (bois mort et perches).** La récolte du bois de mangrove<sup>47</sup>, constitue une autre activité dans les vasières. Les bûcherons récoltent souvent lors d'une même mission loin du village dans les îles du Saloum ou les îles Betenti du bois mort en grande quantité pour les fours des commerçants guinéens qui fument le poisson comme l'ethmalose, ainsi que des grandes branches droites de *Rhizophora sp.* vert, en cas de commande particulière (toiture à reconstruire...). Cette pratique ayant lieu à des dizaines de kilomètres de Diamniadio, elle n'est pas insérée ici dans les dynamiques des paysages, on la retrouve cependant décrite dans mon DEA (Andrieu, 2004).

### 7.1.2.2. Évolution du système rural

Les rizières sont exploitées en saison des pluies pendant que le troupeau est relégué dans les boisements. En saison sèche, le troupeau peut vaquer dans toute l'île et la main d'œuvre se concentre sur une pêche à débouché commercial. Les paysages de Diamniadio et les pratiques constituent un système apparemment en équilibre. Cependant, il est nécessaire de replacer ces pratiques dans leur dimension temporelle pour les relier aux évolutions des paysages. Or, on a pu mettre en évidence trois changements consécutifs des pratiques rurales.

#### **Abandon de la riziculture**

L'île de Diamniadio, à la fin des années 1960, était en très grande partie couverte de rizières, toutes en activité. « Avant, on cultivait beaucoup de riz. Avant, on ne s'occupait que du riz pendant la saison des pluies et on ne pêchait que pendant la saison sèche. Maintenant on pêche toute l'année et on ne cultive presque plus. [...] Les rizières elles ne sont plus bonnes, le sel il est venu dans presque toutes les rizières. Et maintenant, on ne peut plus y cultiver. Le sol est trop salé. » Les rizières occupaient, à la saison des pluies, la plus grande part possible de la main d'œuvre. La pêche était pratiquée en saison sèche, entre la récolte et la préparation des rizières. Pour les hommes, elle se concentrait dans les chenaux au nord de l'île, où étaient pêchés le mulot et la carpe rouge. Pour les femmes, il s'agissait de récolter les huîtres sur les racines des *Rhizophora sp.* en rive et les arches sur les bancs de vases exondés à marée basse. L'essentiel du produit de la pêche était destiné au troc. Le troc avait lieu avec les villages du continent au contact avec le delta, comme Ndangane ou Simal, en l'échange de mil ou d'autres produits de l'agriculture. Le village ne possédait pour ainsi dire pas de troupeau.

Le facteur climatique est parfaitement mis en avant par les villageois pour expliquer le fort recul de l'activité rizicole. « C'est la sécheresse, il pleut beaucoup moins qu'avant. Avant pendant la saison des pluies, les rizières elles étaient pleines d'eau. On prenait le kadyendou, et on allait faire bien les petites digues des rizières. L'eau restait longtemps et on avait plein de riz. Toute l'île. Il y avait du riz jusqu'à l'autre bout de l'île. Quand la pluie a commencé à être plus petite, les rizières à coté du chenal sont devenues salées. On les a abandonnées. Et puis le sel il a avancé de plus en plus. Maintenant il n'y a presque plus de riz. Donc les hommes, ils ont pêché plus qu'avant pour gagner de l'argent pour acheter du riz. » La sécheresse et la sursalinisation ont été telles que le biseau salé a fortement progressé vers l'intérieur de l'île. La nappe phréatique de l'île a été touchée par le sel et le sel a contaminé les sols des rizières, désormais impropres à la culture. Au fur et à mesure que le biseau salé a progressé vers l'intérieur de l'île, les rizières ont été abandonnées et laissées en friches.

Cependant, le problème de la main d'œuvre est aussi évoqué : « En plus, les jeunes, ils disent qu'ils gagnent plus d'argent en allant pêcher le Sal (*Ethmalosa fimbriata*) et ils ne veulent plus travailler dans les rizières. Il y a des rizières qu'on pourrait encore cultiver, mais elles sont comme ça, on ne les travaille pas. »

<sup>47</sup> Diamniadio se situe dans le nord du delta, où la ressource en bois de la mangrove est extrêmement réduite et vulnérable. Le village est l'un des plus proches de Foundiougne, base d'une ONG de reboisement de palétuviers et de sensibilisation à la gestion durable du bois. La stratégie d'enquête s'est donc basée sur la question de l'exploitation du bois dans le contexte d'une opposition larvée entre les « pro-ONG » considérant l'exploitation comme un problème et les « anti-ONG » considérant l'exploitation comme durable. La prise en considération de cette opposition m'a permis d'aborder les bûcherons en leur demandant de me démontrer que leur exploitation du bois était durable. Les villageois favorables à l'action de l'ONG ont été abordés pour obtenir la liste des secteurs considérés comme dégradés.



### Évolution des pratiques halieutiques

La régression des mangroves, résultant également de la sursalinisation, a eu lieu notamment au nord de l'île, où se situaient les principaux lieux de pêche des hommes. Cette évolution du paysage a modifié l'écosystème en tant qu'habitat pour les poissons. Certains poissons sont en effet habitués à se cacher, se reproduire et se nourrir entre les racines des palétuviers à marée haute. La disparition des palétuviers a probablement joué un rôle très important dans la disparition au début des années 1980 dans ces secteurs de la carpe rouge (*Lutjanus fulgens*) et du mulot (*Mugil cephalus*). Ce phénomène de disparition que je n'ai pu confirmer est présent dans le discours de nombreux villageois. Un autre facteur de disparition de ces poissons, toujours selon les villageois interrogés, est la transformation des techniques de pêche. L'apparition de la pirogue à moteur et des grands filets maillants (remplaçant les paniers et autres petits pièges) aurait, par une surpêche, contribué à la disparition de ces secteurs des carpes rouges et mulots.

Peu après, s'est installé un commerce avec des marchands guinéens itinérants intéressés par l'achat et la transformation de l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata*) et de la sardinelle (*Sardinella maderensis*). Dès lors, la main d'œuvre qui n'était plus employée dans les rizières et dans la pêche à la carpe rouge, s'est consacrée à la pêche à l'ethmalose et à la sardinelle, poissons adaptés aux eaux très salées, particulièrement présents dans le fleuve et qui suivent le battement de la marée dans le chenal du fleuve. Les commerçants guinéens ont construit, au sud du village, des fours pour fumer le produit de la pêche. Les marchands achètent le bois mort (de *Rhizophora* sp.) et les poissons, fument les poissons et à la fin de la saison repartent les vendre en Guinée. L'activité s'est rapidement développée. En effet, la ressource en ethmalose est grande dans le fleuve et l'activité, monétarisée, a très vite intéressé une part importante du village. Les marchands ont aidé financièrement au développement de la flotte du village par des crédits pour des pirogues et des moteurs. La pêche dans les chenaux a été très vite totalement abandonnée au profit de celle dans le fleuve, menant à une rapide et importante monétarisation de l'économie du village. Selon certains villageois, l'intérêt des jeunes a été tel qu'il est désormais difficile de trouver de la main d'œuvre pour la riziculture à la saison des pluies, la pêche lui étant préférée en ce qu'elle rapporte de l'argent. Notons à ce propos que lors des questions sur l'abandon de la pêche dans les chenaux la volonté de passer de l'économie de troc à l'économie monétarisée a une fois été citée comme principale raison des modifications des lieux et des techniques de pêche.

### Apparition du troupeau

Ces importantes modifications des pratiques halieutiques, par le biais de la monétarisation de l'économie, a joué un rôle important dans la dynamique des paysages. En effet, à Diamniadio comme ailleurs en Afrique de l'Ouest, l'épargne et la capitalisation s'effectuent par la constitution d'un troupeau. Le troupeau a dû être intégré dans le fonctionnement de l'île. À la saison sèche, après les cultures, le troupeau est laissé en liberté ; il se nourrit des chaumes du riz, des feuilles de *Boscia senegalensis*, de *Mitragyna inermis* et des palétuviers les plus accessibles. À la saison des cultures, les rizières sont protégées et le troupeau est maintenu dans les friches et les mangroves.

#### Répartition et évolution des pratiques Diamniadio (7.1.2)

Les habitants de Diamniadio répartissent l'exploitation du petit bois entre la mangrove et la terre ferme en fonction des caractéristiques du bois recherché et du poisson le plus intéressant commercialement parlant. Ce portrait des activités nuance le bilan négatif dressé à partir de l'étude des paysages qui laissait présager de faibles ressources en bois et une production agricole insuffisante. En effet, d'une part, l'essentiel du bois est prélevé dans les secteurs plus méridionaux du delta selon des modalités d'exploitation durable. D'autre part, les activités halieutiques, plus que nécessaires pour comprendre le finage de Diamniadio, sont des activités très productrices qui compensent la faiblesse de la production agricole et dont résulte l'apparition du troupeau, laquelle nécessite la présence des pâturages. Ainsi, on retrouve une organisation des activités du village en fonction des différents milieux, des caractéristiques des sols, de la végétation et des ressources qui peuvent le mieux être exploitées.

C'est pourquoi, lorsque le milieu a évolué, par exemple lorsque le sel s'est infiltré dans le sol de certaines rizières les rendant incultivables, les paysans se sont adaptés en les utilisant pour le pâturage,

donc en laissant se développer les arbustes et les herbacées halophiles qui seront consommés par le troupeau. De la même façon, quand le poisson a disparu des chenaux secondaires, les pêcheurs (grâce à l'ouverture d'un nouveau marché) ont su s'adapter immédiatement et changer les techniques de pêche.

### 7.1.3. Processus de changement à Diamniadio

Il reste à examiner plus en détail comment les évolutions des pratiques et les évolutions du climat que nous gardons en mémoire s'articulent avec les cinématiques des paysages. Si les pratiques de Diamniadio ont amplement évolué, notamment en réponse à la tannification, les évolutions des pratiques ont-elles joué un rôle, une rétroaction, sur la dynamique des paysages ? Deux dynamiques des paysages peuvent être mises en évidence (7.1.2.1) : la tannification (7.1.2.2) et l'enfrichement des rizières transformées en pâturages (7.1.2.3). Ces dynamiques sont celles qui jouent un grand rôle dans le Sine et les îles du Gandoul. Leur examen, à cette échelle, doit permettre de savoir :

- Dans quelle mesure la ressource en bois et les services écologiques de la mangrove sont menacés par la tannification ?
- Dans quelle mesure le potentiel agricole et les services écologiques des rizières pluviales sont-ils menacés par l'enfrichement ?
- Dans quelle mesure les nouveaux boisements de terre ferme apportent une nouvelle ressource ou de nouveaux services écologiques ?
- Comment ces deux changements s'équilibrent, se compensent ou s'accroissent ?

#### 7.1.3.1. Changements de l'occupation du sol à Diamniadio

L'île de Diamniadio, cernée par ses chenaux à mangrove (qui n'ont pas beaucoup bougé) a de grandes étendues de tannes qui existaient généralement déjà à la fin des années 1970. L'île (comme les îles alentours) connaît deux cinématiques : une régression de la mangrove et une progression de la savane boisée (figure 190).

La régression de la mangrove concerne l'ensemble des méandres et des chenaux secondaires qui apparaissaient comme des zones boisées à la fin des années 1970. Sur la carte, la coupe traverse un pixel de stabilité et un pixel de régression.

La progression des boisements de terre ferme est composée d'une très grande tache de progression au nord-ouest, d'une tache de taille moyenne subcontinue au sud-ouest et d'un ensemble de taches de très petite taille au sud-est. La principale tache est constituée de deux ensembles de progression ancienne reliées et partiellement entourées de régression récente. La tache de taille moyenne est composée de quatre noyaux de régression ancienne, reliés et entourés de régression récente.

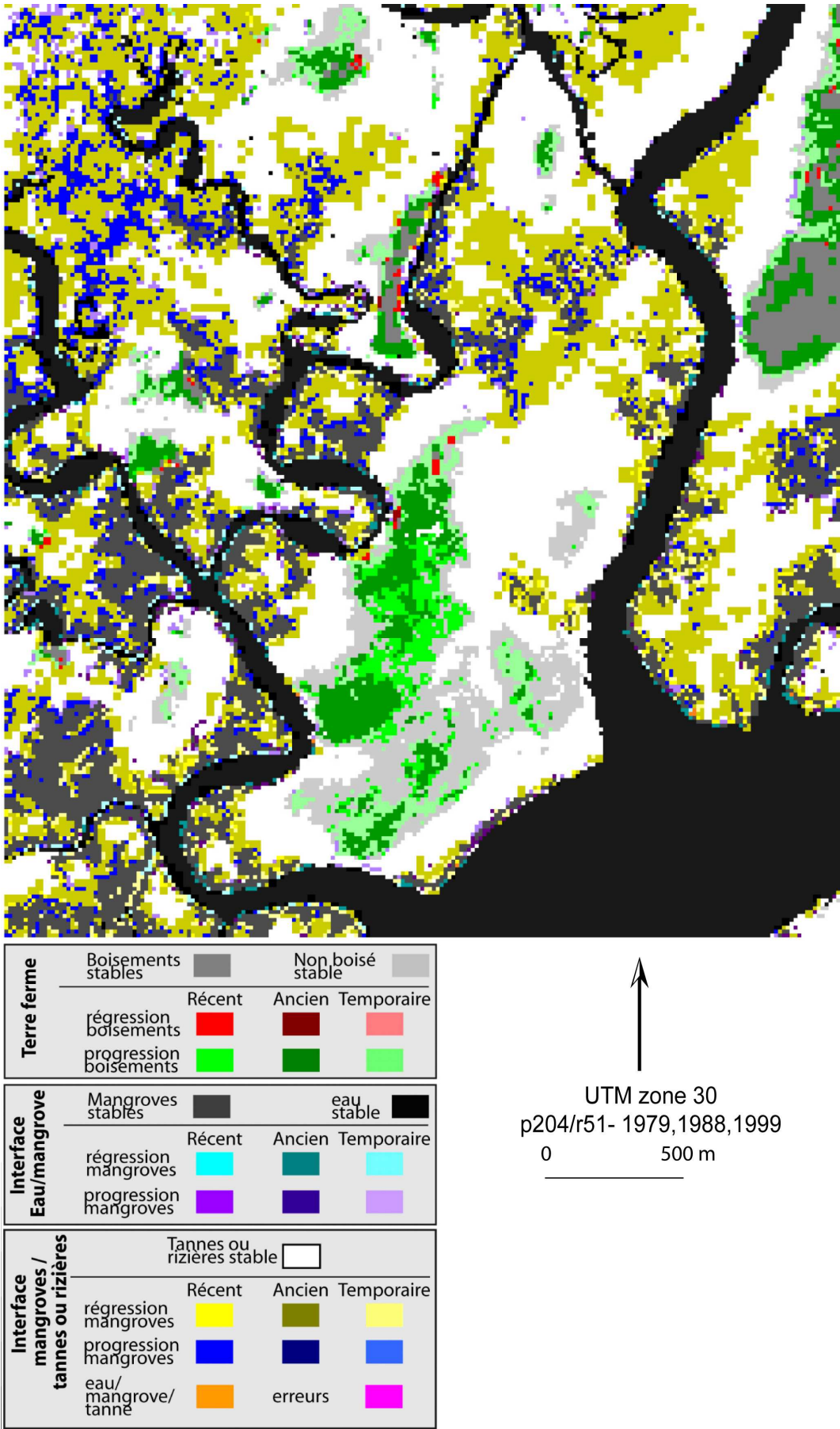


Figure 191 : Carte des changements de l'occupation du sol à Diamniadio



### 7.1.3.2. Recul de la mangrove à Diamniadio

#### Analyse paysagère

La photographie de la figure 191b, prise au sud de l'île (1 km au sud-ouest du village), montre que le rideau de palétuviers vivants n'occupe que quelques mètres de large. Le rideau présente, en 2004, une épaisseur de 1 à 3 arbres et de 1 à 5 arbustes ; il s'accompagne de 2 à 5 arbustes de 1,5 à 0,5 m de haut, morts sur pieds, puis d'une bande de 5 à 10 m de jeunes individus également morts. La végétation comportait ainsi, il y a peu, une lisière d'arbustes jeunes et peu développés marquant déjà l'importance des contraintes hydriques. La régénération des palétuviers, disséminés en partie haute, n'a pas été permise au-delà d'un an ou deux. Les arbustes sont aujourd'hui morts ou mal en point. L'absence de feuilles sur les branchages encore présents montre qu'il s'agit d'un dépérissement, lequel s'accompagne des effets du pâturage (certains arbustes présentent des signes d'abrouissement). En revanche, il n'y a pas de traces de coupe du bois.

#### Résultats d'enquêtes

Concernant la mangrove dépérissante, le troupeau se rend, si la vase n'est pas trop instable, dans les secteurs de mangrove ouverte ou buissonnante. Tant *Rhizophora sp.* qu'*Avicennia africana* sont consommées toute l'année, quoi que plus fréquemment en saison sèche. Les deux espèces, si elles sont assez basses et accessibles, sont pâturées. À proximité du village, le pâturage mène quasi-systématiquement à l'élimination totale du feuillage, ce qui permet de parler de surpâturage. Ce processus rentre donc en interaction avec la tannification pour expliquer le recul des mangroves dans ce cas particulier d'une île occupée par un important troupeau, ce qui est loin d'être le cas de la majorité des îles dans le nord du Saloum. En détail, la régression a mené au passage d'une lisière progressive de mangroves dépérissantes à une lisière nette entre la mangrove arborée dense et le tanne.

#### Analyse rétrospective

La coupe de végétation (figure 194) effectuée à quelques mètres de là prolonge et confirme ces observations. La végétation se présente sur la coupe sur une trentaine de mètres avec un double gradient de hauteur et d'ouverture. Le premier *Rhizophora racemosa* est presque un arbre, les autres ont une taille décroissante. L'aspect devient plus chétif et le port se fait ensuite arbustif. Au-delà, le troupeau intervient et apparaissent des arbustes pâturés sur leurs branches basses, puis de très petits arbustes d'*Avicennia africana* surpâturés, ne présentant plus d'activité végétative.

La coupe de la reconstitution de la végétation à la fin des années 1980 présente peu de changement pour la frange de *Rhizophora racemosa* au port arboré. Ensuite la végétation semble avoir assez amplement changé. L'estimation faite donne une végétation buissonnante dense sur plusieurs mètres après les arbres. Après celle-ci, suit une assez large bande de végétation ouverte et partiellement dépérissante.

Enfin, quelques arbustes morts sur pieds sont disséminés sur l'estran. La coupe de la reconstitution de la végétation à la fin des années 1970 présente une végétation saine sur une large bande de l'estran, suivie d'une autre large bande de végétation basse ouverte et très peu sénescence.

En conclusion, les arbustes sénescents souffrant de la salinité et de l'acidité des sols, lorsqu'ils sont soumis à un fort pâturage, dépérissent souvent assez rapidement. L'arrière-mangrove décroît en hauteur et en densité le long du gradient littoral, ce qui résulte des fortes salinités. Elle est remplacée, après action du troupeau, par une lisière très nette où l'ensemble des buissons est entièrement éliminé, mort sur pied (avec l'éventuelle possibilité de rejeter de souche). Les premiers arbres au niveau où le peuplement de palétuviers devient continu, présentent une morphologie où les branches basses sont entièrement abrouties et où le houppier à 1,75 mètres de haut est hors d'atteinte des vaches. **Il s'agit bien là d'une dégradation qu'ont connu et que connaissent actuellement les arrière-mangroves sur l'île de Diamniadio. Cette dégradation est aujourd'hui limitée à la seule arrière-mangrove.**

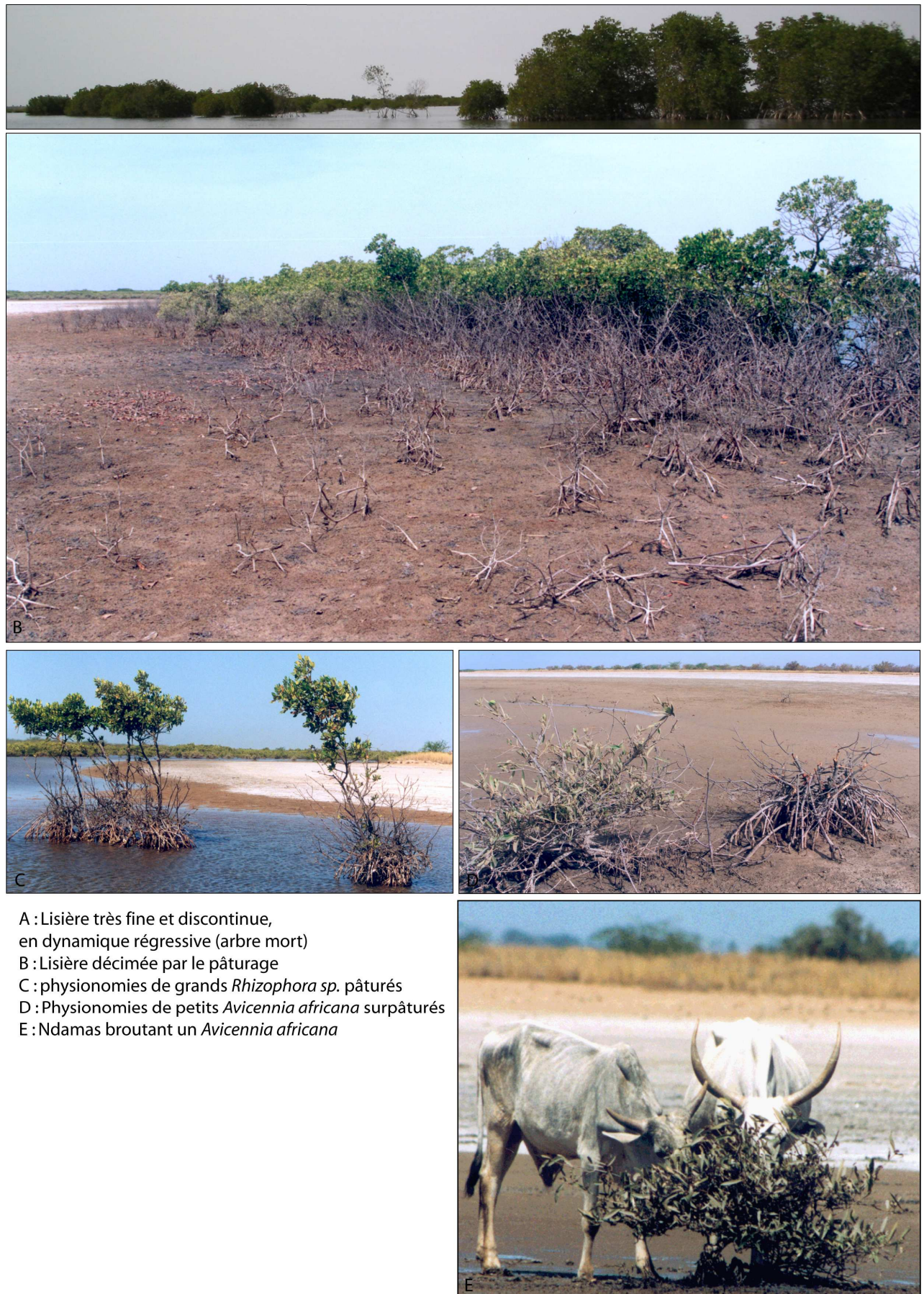


Figure 192 : Recul de la mangrove à Diamniadio



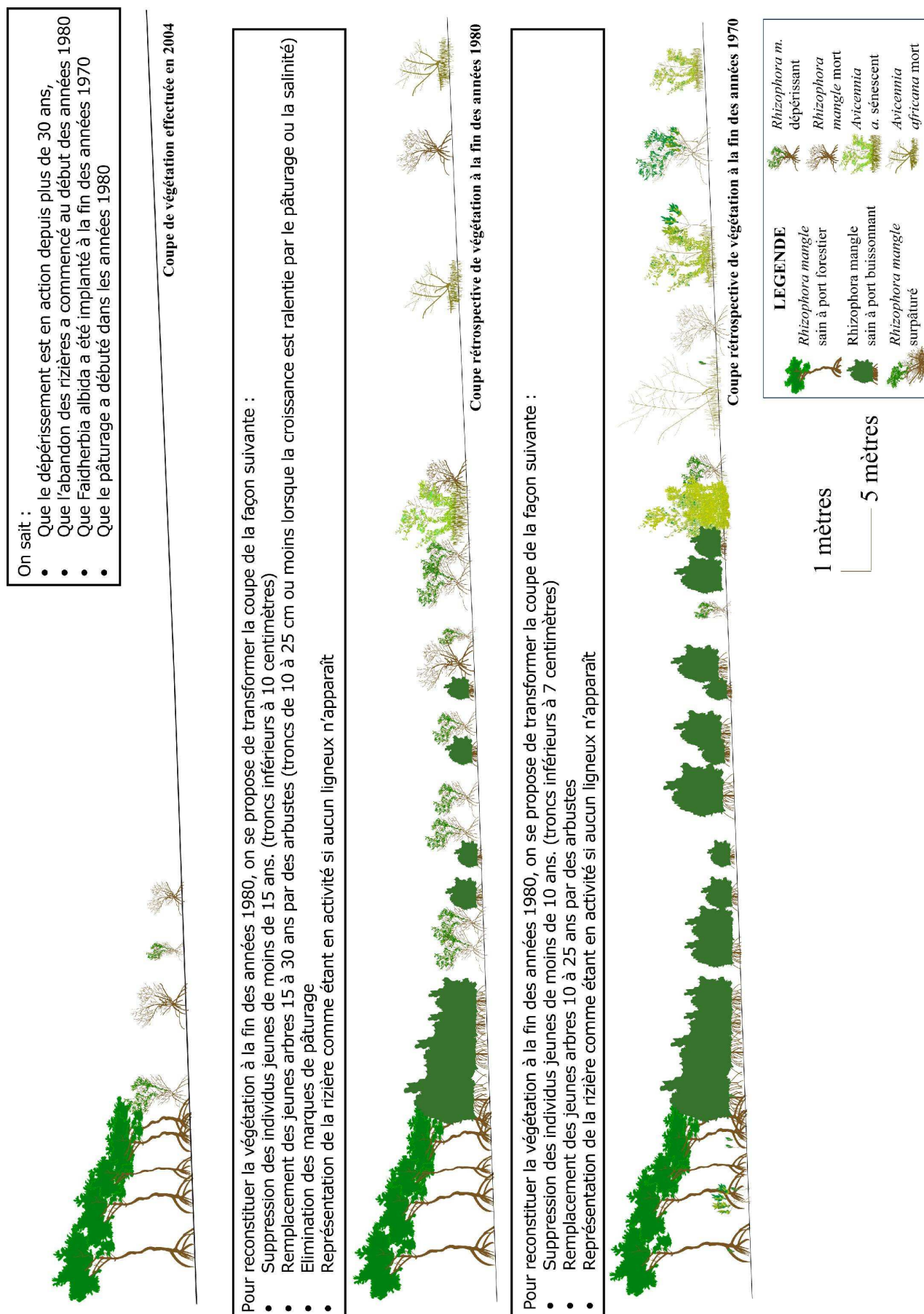


Figure 193 : Analyse rétrospective de la mangrove à Diamniadio





Figure 194 : L'enfrichement de la terre ferme à Diamniadio



### 7.1.3.3. Progression du boisement sur terre ferme à Diamniadio

#### Analyse paysagère

L'analyse des images satellites révèle que la progression a lieu surtout sur d'anciennes rizières comme en témoignent les digues qui se devinent (figure 195b). Un bosquet est ainsi apparu constitué par un boisement très ouvert avec *Boscia senegalensis*, *Tamarix senegalensis* et *Mitragyna inermis*. Il offre un exemple de paysage de savane arbustive, correspondant à un stade d'enfrichement déjà intermédiaire : la plupart des *Tamarix senegalensis* et *Mitragyna inermis*, ainsi qu'une partie des *Boscia senegalensis* sont adultes. Ils occupent les digues et les chemins entre les rizières. *Faidherbia albida* est présent mais seulement avec un jeune arbuste (moins d'1 m de haut, tronc de 2 cm) qui a probablement deux ou trois ans.

Les rizières sont aujourd'hui transformées en pâturages extensifs, comme en témoigne la présence du troupeau durant les observations de terrain ainsi que des marques d'abrouissement sur les branches basses (figure 195b). Cependant les *Faidherbia albida* ne semblent pas pâturés alors que les branches basses du *Mitragyna inermis* voisin présentent des marques d'abrouissement.

L'enfrichement peut être plus prononcé. La figure 195a montre de jeunes *Faidherbia albida*. Au centre, des individus de 1 à 2 m de haut au tronc de 2 à 4 cm de diamètre, probablement âgés de moins de 5, ans constituent l'essentiel du peuplement ligneux. Sur la droite du cliché, un individu de plus de 4 m de haut aux branches déjà épaisses et dont le tronc (non visible ici) présente un diamètre de 6 à 7 cm peut avoir une dizaine d'années.

#### Résultats d'enquêtes

Les terres non cultivées s'enrichissent progressivement depuis l'abandon lié à la salinisation des sols. Quelques années après la fin des cultures, c'est-à-dire après le dernier labour, des graines des arbres présents sur l'île ou à proximité peuvent être déposées sur la parcelle laissée à l'abandon. Les arbres se développent ainsi progressivement.

En outre, une espèce joue un rôle prépondérant dans cet enrichissement : il s'agit de *Faidherbia albida*. Or, cette espèce est elle-même liée à l'activité agricole. Elle a été importée sur l'île pour fertiliser les sols.

Or, sans concurrence interspécifique sur cette île longtemps défrichée pour la culture sur des sols assez salés et sans prédation, *Faidherbia albida* se caractérise par un processus d'expansion très rapide sur toute l'île. Ainsi la principale dynamique des paysages de terre ferme à Diamniadio est liée d'une part aux modifications anciennes et récentes des systèmes agricoles avec l'importation de *Faidherbia albida*, d'autre part, à l'abandon d'une partie importante des rizières.

#### Résultats de l'enquête sur le parcours au sein de l'île

L'apparition du troupeau dans l'île où les rizières s'enrichissent a modifié cette dynamique également. Les friches sont essentiellement composées de trois espèces : *Mitragyna inermis*, *Boscia senegalensis* et *Faidherbia albida*. *Mitragyna inermis* est consommée seulement pour ses jeunes feuilles. Ainsi les arbres en place sont relativement intacts et par ailleurs trop hauts pour être réellement transformés par l'action du troupeau. On y dénote cependant quelques marques d'abrouissement sur les branches basses. Cependant, le très faible (voire nul) taux de régénération de l'espèce pourrait être lié à l'action du troupeau. *Boscia senegalensis* est, lui consommé par le troupeau toute l'année, à tous les stades de croissance de ses feuilles et son port buissonnant en fait une proie importante pour les ruminants du village. Or, en effet sur la coupe, les individus de *Boscia senegalensis* qui ont été relevés montraient des marques d'un très net surpâturage avec certains arbustes complètement défoliés, en voie très probable de dépérissement. *Faidherbia albida*, toujours selon le berger, n'est consommée que sous la forme de gousses. Les épines sont chez les jeunes arbustes, surtout en secteur pâturé, plus longues que les feuilles, ce qui semble être une adaptation des individus à l'action du troupeau, les grands arbres présentant des feuilles plus grandes et des épines plus petites. Ainsi seules les gousses sont consommées et les graines se retrouvent dans le fumier, ce qui favorise très fortement la diffusion de l'espèce dans l'île. Très clairement, l'action du troupeau accentue donc la dynamique d'enfrichement et d'accroissement de la dominance de *Faidherbia albida*.

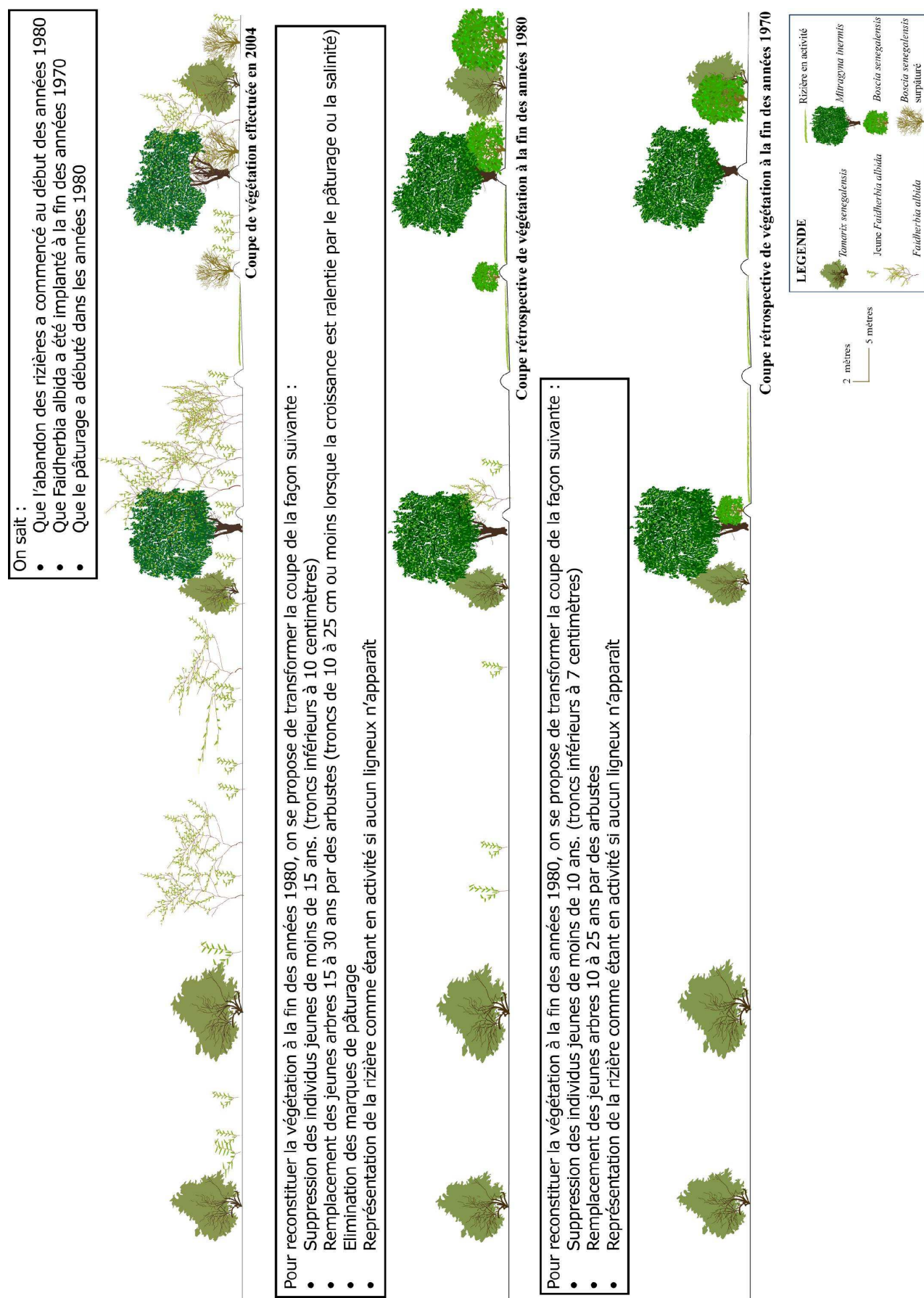


Figure 195 : Analyse rétrospective de l'enrichissement des rizières à Diamniadio



Les herbacées annuelles et les herbacées hydro-halophiles vivaces des pseudo-tannes, offrent une assez importante ressource fourragère dans les pseudo-tannes et *Tamarix senegalensis* n'est pas ou presque pas consommé par les vaches et les chèvres. L'action des troupeaux ne s'y fait pas sentir sur le paysage.

### Analyse rétrospective

Sur la coupe (figure 196), au sud de l'île (1,5 km à l'ouest du village), le « pseudo-tanne » est ponctué de *Tamarix senegalensis*, qui connaît ici une croissance et une régénération faibles. Cette espèce non pâturée ne résiste au sel que jusqu'à un certain point. De jeunes *Faidherbia albida* se développent là depuis quelque temps montrant que cette espèce supporte également les sols salés.

Des casiers à riz enfrichés lui succèdent avec des physionomies végétales différentes. Le premier casier présente un peuplement monospécifique à *Faidherbia albida* dont le plus grand arbre pourrait avoir une dizaine d'années. Le deuxième est occupé par un arbuste de *Boscia senegalensis* et deux jeunes *Faidherbia albida*. L'enfrichement y est plus récent. La troisième rizière en friche présente deux *Faidherbia albida* dont l'un assez haut et au tronc assez large pourrait être âgé de 5 à 10 ans.

Tout ceci donne une idée de l'ancienneté de l'abandon du casier. La fin de la coupe fait apparaître un boisement différent avec un grand *Mitragyna inermis* sur la digue, pâturé dans ses branches basses, deux *Boscia senegalensis* au port arbustif et surpâturés, un jeune *Faidherbia albida* d'un an ou deux et un assez grand arbuste de *Tamarix senegalensis*. Cette composition traduit un secteur assez anciennement boisé où le pâturage s'exerce probablement toute l'année.

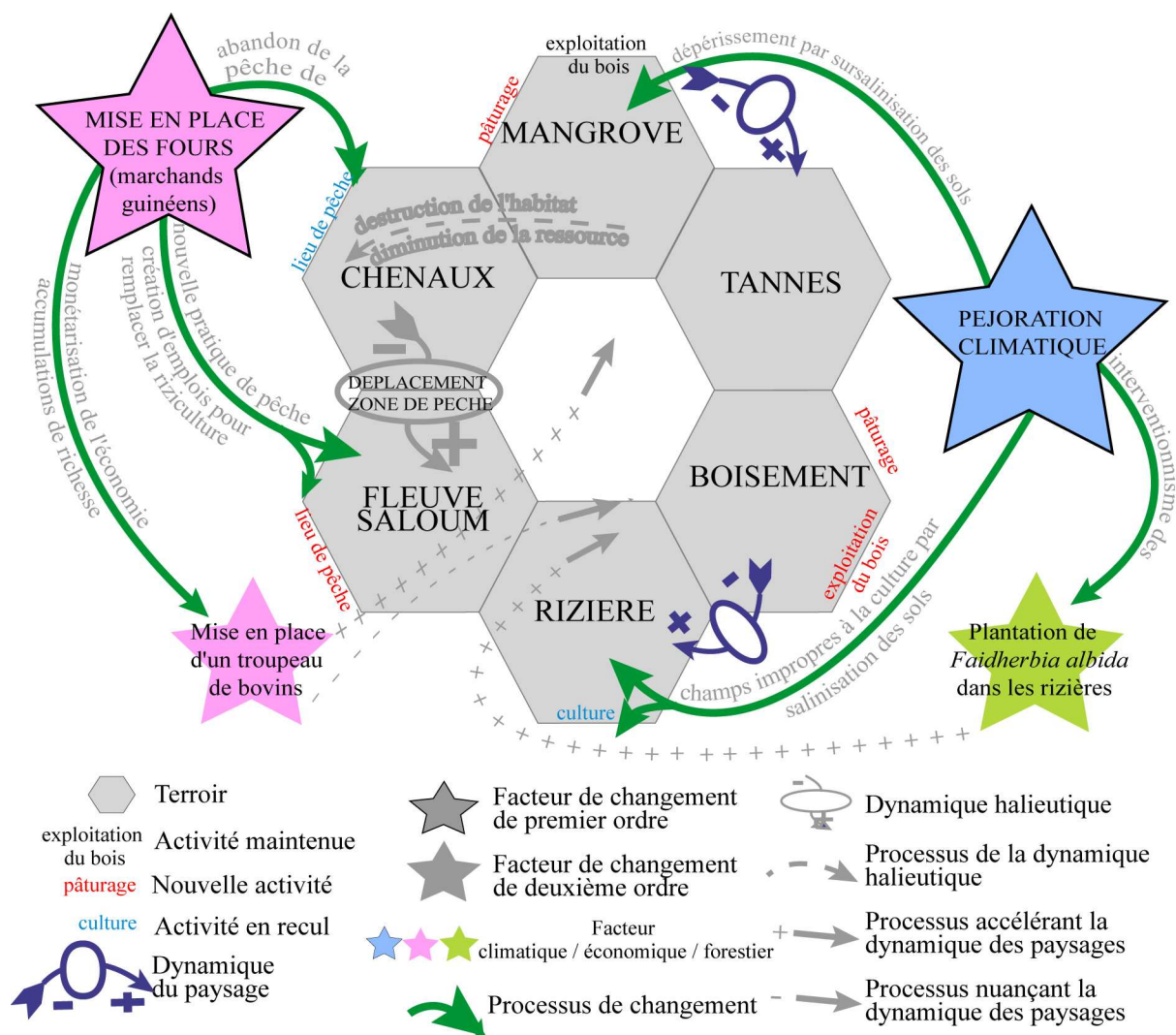
A la fin des années 1980, les « pseudo-tannes » semblent avoir été occupés par une densité équivalente de *Tamarix senegalensis* et seuls quelques très jeunes *Faidherbia albida*. On a également estimé (figure 196) que la première rizière, à gauche, était déjà à l'abandon et commençait tout juste à s'enfricher alors que les deux rizières à droite étaient en activité. À la fin des années 1970, on peut supposer que les trois rizières étaient en activité et que *Faidherbia albida* était absent du paysage.

L'enfrichement s'effectue assez rapidement par le biais de la conquête de l'île par *Faidherbia albida*. L'enfrichement en soi n'est pas une dégradation pour l'élément de paysage que constitue la rizière abandonnée. Cet enfrichement, permettant encore une production agricole et ayant été remplacé par une autre activité qui est une source de revenus non négligeables voire supérieurs à ceux de la riziculture, ne constitue pas non plus une dégradation de point de vue économique. S'il permet à long terme de satisfaire les besoins de troupeau, comme c'est le cas aujourd'hui, cette dynamique ne constitue donc en aucune manière une dégradation des paysages de terre ferme. Cependant, sur ce point, une menace pèse sur le finage, liée à l'évolution du peuplement de *Faidherbia albida*, favorisée par l'action du troupeau. Si la légumineuse devient un peuplement quasi-monospécifique, la biodiversité ligneuse et les ressources associées aux autres espèces viendront à manquer. Ainsi, si les pratiques sylvo-pastorales ne règlent pas l'expansion de *Faidherbia albida*, ou si celle-ci ne se règle pas par elle-même, une dégradation du système agro-sylvo-pastoral pourrait se mettre en place.

### Mise en évidence des processus de changement à Diamniadio (7.1.2)

Le territoire de Diamniadio connaît donc bien deux dynamiques paysagères (figure 197). La première est le recul de la mangrove. Ce recul est, d'après les levés de terrain, lié à un processus de dépérissement qui touche les arbustes bas (moins d'un mètre de haut) situés en haut de l'estran (donc dans les secteurs les plus contraignants). Le pâturage et la sursalinité se combinent pour expliquer le dépérissement. Cette évolution par disparition de la lisière haute de la mangrove est bien une dégradation du paysage étudié en ce que la ressource et les services écologiques diminuent sans trouver de compensation dans l'élément qui remplace l'arrière-mangrove : le tanne.

La terre ferme est caractérisée par l'enfrichement d'une partie des rizières. Le processus en cours est celui d'un enfrichement par *Faidherbia albida*, seule espèce montrant un processus de colonisation alors que d'autres espèces semblent plutôt en recul sous l'effet du pâturage. Ici c'est donc bien l'élément rizière pluviale qui est remplacé par l'élément friche (et à terme celui de savane arborée, pâturée).



**Figure 196 : Évolutions du finage de Diamniadio**

### Diamniadio (7.1)

La tannification constitue une dégradation paysagère d'une part en ce que les arrière-mangroves à Diamniadio sont dégradées et qu'à terme la mangrove est sérieusement menacée dans l'ensemble des îles du Gandoul par la dynamique. Il s'agit également d'une dégradation dans la mesure où l'habitat de certains poissons est détérioré à l'échelle des îles du Gandoul.

L'enfrichement en soi constitue le passage d'un élément agricole non boisé à un élément sylvo-pastoral faiblement boisé et il est assez délicat de trancher sur le caractère négatif ou non de cette évolution. Cependant, l'analyse du lien avec les pratiques agro-sylvo-pastorales et son analyse dans le contexte du finage permet de se prononcer sur le caractère positif de cette dynamique paysagère qui, sans perte de la capacité globale de production agricole (grâce aux nouvelles techniques de pêche), permet une diversification des activités et des milieux.

L'enfrichement peut cependant constituer une dégradation à terme si un équilibre entre les différentes espèces n'est pas trouvé.

Actuellement, la capacité de production agricole et halieutique a fortement évolué sans menacer ni les paysages ni l'économie rurale, d'autant que les deux dynamiques semblent se compenser, du moins en ce qui concerne la ressource en bois.

## 7.2. Bani (Bas-Saloum continental, Sénégal)

Situé à la limite entre le continent et le delta du Saloum, Bani fait partie du chapelet de villages égrenés en bordure de mangrove depuis Toubacouta, important bourg animé par le tourisme jusqu'à Missirah, port de pêche. Bien qu'un peu à l'écart de la route bitumée qui va de Kaolack à Banjul, il en reste cependant assez proche pour ne pas être isolé. Le village est assez récent, né après la migration d'un groupe mandingue depuis les îles Betenti vers le continent pour se vouer aux activités agricoles. Les enquêtes et les observations dans ce village doivent permettre d'examiner, avec précision, la régression des boisements de terre ferme, accompagnée d'espaces non boisés et de mangroves stables. Pour cela, un examen de l'occupation du sol à l'échelle du village, ainsi qu'une identification et une description des principaux éléments de paysages et des structures récurrentes de ceux-ci seront effectuées (7.2.1), avant d'en étudier les pratiques et leurs évolutions (7.2.2), pour pouvoir effectuer une présentation complète des évolutions paysagères qui témoignent bien de l'ensemble des causes de changement (7.2.3) et permettre de pointer les évolutions neutres, positives et négatives à l'échelle de l'élément de paysage, du paysage et du finage villageois.

### Pélissier (1966), à propos des villages mandingues du Bas-Saloum

Pélissier (1966) fait remonter la création de ces villages à la période coloniale : « les guerres religieuses et les démonstrations des canonnières françaises semblent étroitement liées et leurs conséquences se confondent ; elles entraînèrent le départ de nombreux habitants des îles et leur établissement à proximité de la côte (fondation de Missirah, Sangako, etc.) ».

Selon Pélissier, ces régions permettent la culture du maïs, ce qui n'est pas possible plus au nord. Cependant, elles sont caractérisées par la pousse rapide de très hautes herbes annuelles qui, si elles ne sont pas éliminées, concurrencent les cultures imposant un gros travail tout au long de la saison. Un groupe de villages est distingué : « Seuls les villages établis à proximité de la côte ou des dépressions drainées par les marigots, permanents ou saisonniers, tributaires de la Gambie disposent de terroirs où se juxtaposent des sols aux vocations distinctes et relativement spécialisées », ensemble auquel il intègre les « anciens établissements socé », dont Bani.

« Tous disposent de rizières et accordent à celles-ci une importance relative beaucoup plus grande que les villages wolofs ayant récemment colonisés les forêts qui les environnent. [...] Les femmes sont seules à travailler les bas-fonds et versants humides. Leurs travaux d'aménagement et leurs techniques de culture sont très sommaires [...], ni labours, ni sillon, ni repiquage, ni installations hydrauliques. » L'essentiel du terroir dont les hommes ont la charge est voué au mil et à l'arachide. En 1966, Pélissier y décrit une culture fondée sur les brûlis : « sur les brûlis environnant les villages, les plus beaux parmi les arbres utiles de la forêt spontanée sont respectés et donneraient au terroir l'aspect de parc, mais d'un parc hétérogène et irrégulier si le sous-bois n'était encombré de souches, de rejets, du tronc calciné des arbustes coupés à un mètre du sol par la hache des défricheurs ». Les champs portent le mil et l'arachide quatre ou cinq ans puis sont laissés en jachère deux à quatre ans. Plus précisément, plus on est proche du village plus les champs sont cultivés de façon permanente, plus on s'en éloigne plus le boisement est dense jusqu'à « une bande forestière dégradée de manière inégale ». Par ailleurs, « les petites vallées sont propices à l'implantation d'un jardinage de saison sèche ».



## 7.2.1. Agencement des paysages à Bani

À Diamniadio, les caractéristiques pédologiques étaient déterminantes sur terre ferme, alors que l'île était entourée par la mangrove. Qu'en est-il à Bani ? L'occupation du sol devra donc être analysée finement pour identifier les éléments du paysage en vasière (7.2.1.1) et en terre ferme (7.2.1.2). Les agencements les plus fréquents de ces éléments constituant les paysages de Bani seront ensuite décrits (7.2.1.3) de sorte à savoir en quoi le territoire de Bani peut être menacé, dans ses ressources, ses capacités de productions ou ses services écologiques, par les différentes cinématiques du paysage.

### 7.2.1.1. Les éléments de paysage des vasières

Les chenaux de mangrove, présentent un tracé sinueux large de 10 à 50 mètres et dessinent des méandres variables (figure 198). On distingue un large chenal qui longe le continent et relie Toubacouta à Missirah, un chenal moyen qui se dirige depuis la confluence en face de Dassilamé-Sérère vers le nord-est et parcourt en diagonale le massif de mangrove directement au contact de Bani. Un certain nombre de petits chenaux partent de celui-ci et drainent le massif. Deux d'entre eux arrivent à proximité de Bani et permettent aux pirogues du village de pénétrer dans le delta.

La mangrove à *Rhizophora racemosa* se retrouve le long de ces chenaux, cette frange aux arbres les plus hauts constitue une bande presque continue ; elle est n'absente qu'en rive concave. La partie basse de l'estran présente des individus de *Rhizophora racemosa* quelquefois nettement plus hauts (5 à 10 mètres) qu'à Diamniadio où les arbres possèdent le port incliné et les larges troncs décrits en 3.1.2.2. En rive concave, on rencontre une mangrove basse et buissonnante (figure 199a) avec *Rhizophora mangle*, haute de 2 à 3 m.

Les formations moyennes à *Rhizophora mangle* occupent une large bande en arrière de la bande à *Rhizophora racemosa* et en rive concave. Contrairement à Diamniadio, on retrouve dans les mangroves du sud du delta les formations forestières à *Rhizophora mangle*, lesquelles peuvent s'étendre sur plusieurs centaines de mètres quand l'île connaît une microtopographie particulièrement horizontale.

L'arrière-mangrove est également d'épaisseur très variable, cette formation qui constitue une transition avec le tanne, pouvant être large de dizaines de mètres ou totalement absente. La formation basse, mixte et discontinue de l'arrière-mangrove présente une variation de taille, de densité et de composition floristique depuis les derniers *Rhizophora mangle* de plus de deux mètres aux cimes jointives jusqu'aux derniers *Avicennia africana* ou *Laguncularia racemosa* de moins d'un mètre de haut, souvent dépérissants. L'importance du dépérissement s'accroît aussi régulièrement, les individus les moins résistants ne survivant que quelques années. On note, en effet, beaucoup de souches d'arbustes et de jeunes plantules mortes. Au niveau de Bani, l'arrière-mangrove présente un cas particulier mais pas exceptionnel d'interface se situant au niveau d'un affleurement de la nappe phréatique. Ainsi le tanne, extrêmement court, ne fait-il que quelques mètres à l'endroit où il est le plus restreint. Chose plus rare encore dans le delta du Saloum, à la limite haute du tanne (et de l'estran), on retrouve de grands *Avicennia africana* au port arboré pouvant dépasser 10 m. Ces arbres présentent par ailleurs la marque d'une gestion en taillis et d'un pâturage des branches basses par les troupeaux de bovins du village (figure 199b, 199c). On retrouve des taches de tannes au cœur d'un certain nombre d'îles et sur un linéaire qui jouxte la terre ferme.



	CRITERES D'INTERPRETATION	INTERPRETATION		CRITERES D'INTERPRETATION	INTERPRETATION
	Fond beige-orangé, éléments grands, rectangulaires, gris ou blancs et grands points verts	Village		Fond beige-verdâtre, éléments petits, ronds et vert-gris sombre, en petits amas	Arrière-mangrove mixte
	Fond beige-orangé, éléments moyens et petits, ronds, gris et verts, semis dense et irrégulier	Savane ouverte		Fond beige-verdâtre à gris-blanc en grandes plages	Tanne
	Fond beige-orangé, éléments moyens, ronds, verts, semis alignés et en amas	Agroforêt		Tissu continu d'éléments moyens, ronds vert sombre	Mangrove de rive à <i>Rhizophora racemosa</i>
	Fond beige-orangé, (ou gris au nord est) structure rectangulaire partiellement apparente par variabilité de la teinte, quelques éléments moyens, ronds et verts	Zone agricole		Tissu continu d'éléments petits, ronds vert moyen	Mangrove moyenne à <i>Rhizophora mangle</i>

Figure 197 : Reconnaissance des éléments de paysage du finage de Bani

### 7.2.1.2. Les éléments de paysage de la terre ferme

De l'autre côté, en terre ferme, le premier élément de paysage rencontré est celui des zones de cultures extensives pluviales (figure 200b). Cet élément peut être décrit comme une grande matrice au sein de laquelle s'insèrent les autres éléments décrits ci-dessous. En zone agricole, outre le sol nu, on peut observer des arbres d'âge, de taille et d'espèces variables qui se retrouvent parfois à l'extérieur des parcelles pour les délimiter ; ce sont alors souvent des arbres jeunes, plantés, achetés en pépinière (*Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis*). D'autres fois, les arbres (*Cola cordifolia*, *Khaya senegalensis*) se retrouvent au centre de la parcelle où ils donnent de l'ombre pour les ouvriers agricoles ou les bêtes. Ce sont des arbres anciens, voire très anciens (épargnés lors du défrichement) ou des espèces fertilisantes (*Faidherbia albida*, *Parkia biglobosa*). Il peut s'agir de reliques de la savane préexistante ou de nouvelles plantations. Les arbres sont aussi présents sur les termitières ; il s'agit alors souvent d'arbres adaptés aux milieux artificialisés (*Azadirachta indica*, *Terminalia sp.*), d'âge variable. En « sous-bois », sauf en zone labourée, on trouve un grand nombre de jeunes *Azadirachta indica*, et à l'exclusion d'autres espèces. Cette espèce, originaire d'Inde, pourrait présenter un comportement localement envahissant. Les parcelles en friche présentent des arbustes (*Guiera senegalensis*) et de jeunes arbres (*Azadirachta indica*, *Terminalia macroptera*).

Le talus (figure 200c), bien que ne présentant pas de différence notable avec les zones de cultures extensives, constitue un élément de paysage différent. Il est en effet aménagé en jardins maraîchers où chaque petit jardin possède ses clôtures ou haies, son puits et ses arbres fruitiers. Le deuxième élément est le village. On retrouve du nord au sud, le long des vasières, les villages de Toubacouta, Bani et Dassilamé-Sérère ; le long de la route c'est-à-dire au centre de l'extrait d'image, on retrouve Bamako et Nema-Nding. On reconnaît ensuite des vergers d'anacardiens. Deux sont situés au sud est de Toubacouta, un à l'est de Bamako et trois au sud de la zone. Bani est un village à habitat groupé dense, situé à proximité de la mangrove mais localisé sur le plateau. Les habitations sont entourées d'arbres fruitiers, essentiellement des manguiers.

On trouve également, dans une vallée sèche qui débouche au sud de la presqu'île de Dassilamé-Sérère, une agroforêt ponctuée de grands arbres, bien distincts sur l'image. Le fond de cette vallée est inondé en saison humide, dans sa partie aval. Cette vallée sèche (figure 202) se ramifie entre Bani et la route goudronnée et constitue un ensemble assez large (peu visible car situé sur la partie de l'image qui est à basse résolution). L'agroforêt est assez généralement couverte par un peuplement de caïlcédrats plantés à l'époque coloniale qui, aujourd'hui, s'élèvent à plus de quinze mètres et qui, par leurs ports champêtres, couvrent de leur ombre d'assez importantes superficies (figure 200a). Les termitières y sont assez nombreuses ajoutant à la topographie des vallées sèches des micro-dépressions délimitant naturellement des parcelles pour certaines cultures comme la riziculture pluviale ou le maïs.

Enfin, tout au nord de la zone d'étude, on identifie la forêt classée. On y distingue deux éléments ; en bordure, on trouve un linéaire de gros points vert très sombre. La partie externe de ces forêts est constituée d'anacardiens plantés pour délimiter la forêt classée à l'époque coloniale. Le reste de la forêt classée visible sur l'image est occupé par un fond gris et des taches vertes et grises de taille très variable et de semis très irrégulier. La savane est donc ouverte, avec d'assez grandes superficies de sol nu entre les arbres. La forêt classée de Sangako présente en effet deux faciès forestiers. Le premier, le moins étendu, est une savane forestière. La photographie (figure 201a), prise au début de la saison des pluies, montre le début du développement de la strate herbacée qui, quelques semaines plus tard, couvre l'espace sur une hauteur d'un à deux mètres. Le peuplement est quasi monospécifique à *Daniellia olivieri* avec une strate arbustive dominée par *Azadirachta indica* mais où les espèces autochtones sont tout de même présentes. La strate basse présente aussi un grand nombre de jeunes plantules dont les effectifs sont égaux pour *Daniellia olivieri* et *Azadirachta indica* et très faibles pour les autres espèces ligneuses. Le second faciès est celui d'une savane très ouverte, largement dominée par *Azadirachta indica*, d'âges variables en taillis, ponctuellement accompagnés d'arbres de *Terminalia macroptera*. La photographie (figure 201b), prise en saison sèche, montre un peuplement presque monospécifique d'*Azadirachta indica* avec des arbres de taille moyenne ou modeste et des arbustes en taillis. La fin de la coupe a permis de relever deux individus : un arbre et un arbuste en rejet de souche.





A : Rive à *Rizophora racemosa* de taille moyenne  
B : Arrière-mangrove et tanne très peu étendu  
C : Peuplement de très hauts *Avicennia africana* à la limite haute de l'estran

Figure 198 : Les vasières à Bani





Figure 199 : Les zones agricoles à Bani





A : Faciès de savane forestière (sud-est de la forêt classée de Sangako, début de saison des pluies)  
B : Faciès de savane ouverte (nord-ouest de la forêt classée de Sangako, saison sèche)

**Figure 200 : Les savanes à Bani**



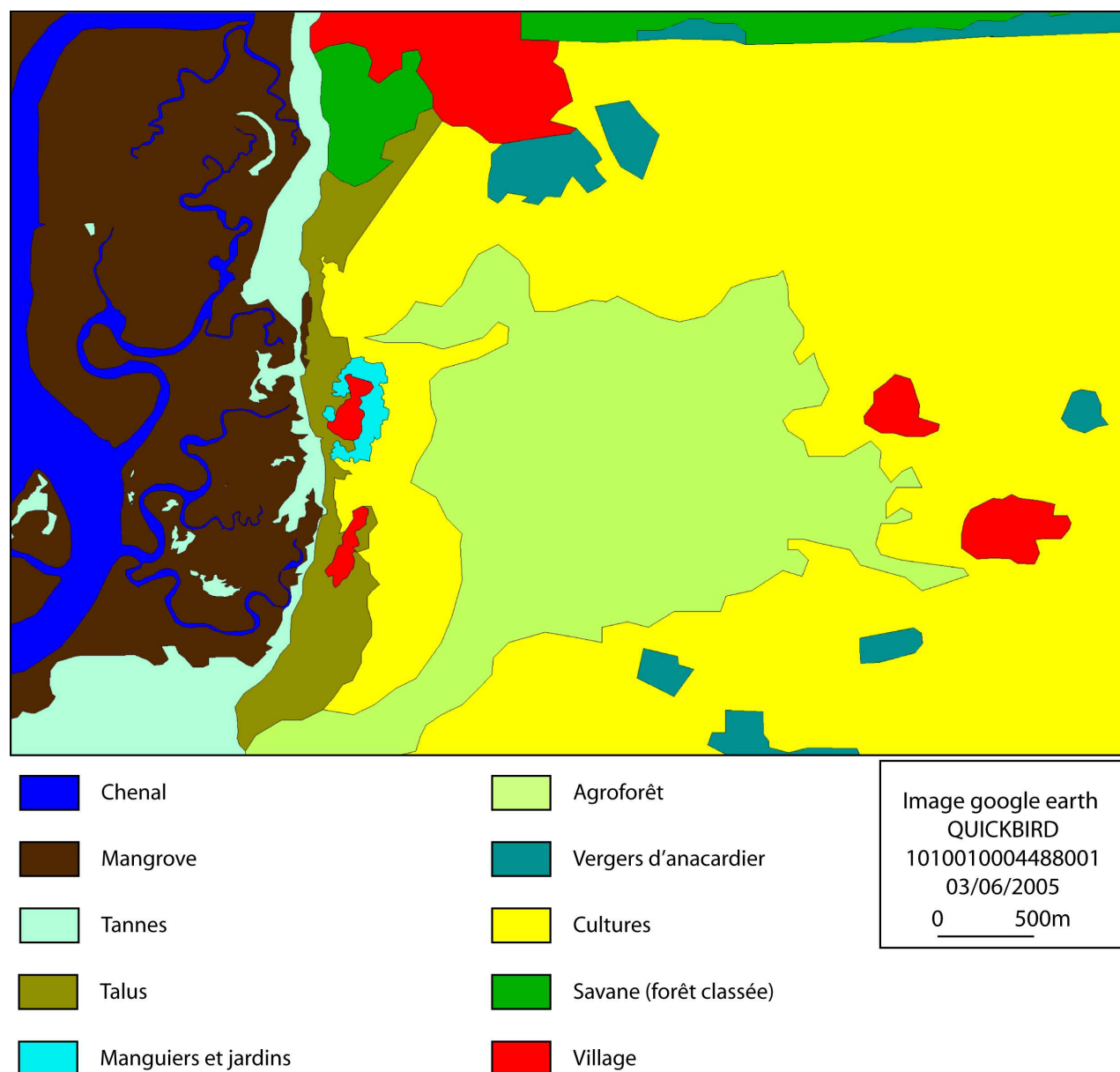
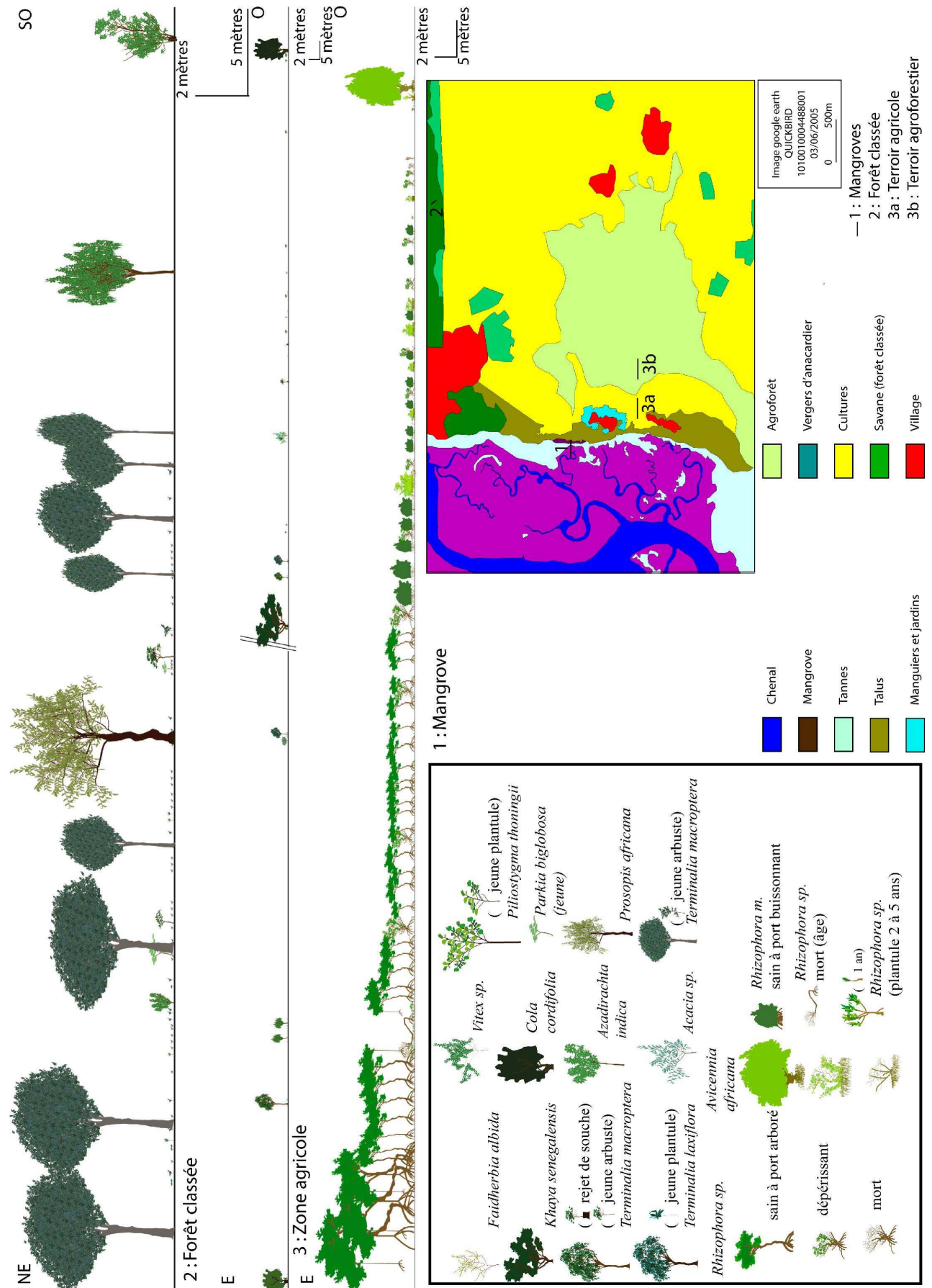


Figure 201: Zonage des éléments de paysage, finage de Bani

### 7.2.1.3. Les paysages de Bani

Le territoire de Bani, comprenant les mangroves, de part et d'autre des chenaux qui touchent le village, et la terre ferme sur les quelques dizaines de kilomètres carrés où se répartissent les terres des villageois (mêlées entre les villages à celles des autres villages), intègre deux familles de paysages : les paysages de vasière et les paysages de terre ferme. Le domaine des vasières y forme un bloc continu très clairement délimité d'est en ouest (figure 202).

En vasières, on peut définir deux paysages différents en fonction de la microtopographie qui résulte du tracé du chenal. En rive convexe et de part et d'autre des segments rectilignes, on retrouve la succession conforme à la zonation : la rive à *Rhizophora racemosa*, une très large bande à *Rhizophora mangle* décroissante en hauteur et en densité, l'arrière-mangrove dépérissante. En rive convexe, on retrouve un peuplement de *Rhizophora mangle* frêle et assez bas conforme à celui décrit lors de l'analyse des sites de confrontation de la carte à la réalité du terrain concernant les massifs à renouvellement très fréquent. Il laisse place assez vite à l'arrière-mangrove et au tanne.



Ensuite, se trouve le paysage le plus typique du plateau, lequel se décompose en trois éléments : les cultures extensives, l'agroforêt à Caïlcédrat et les vergers. Les cultures extensives occupent de grandes superficies dans la région. Les champs s'étendent parfois à perte de vue, seuls quelques arbres et un grand nombre de termitières apportant de l'hétérogénéité ; d'autres fois, on aperçoit les autres éléments de paysage (forêts classées ou agroforêts). Il s'agit alors d'une matrice de zones de cultures extensives dans laquelle on retrouve de petites taches constituées des vergers et de grandes taches linéaires, voire des corridors de l'agroforêt. En effet, au centre de la matrice agricole, l'agroforêt est une zone où un ensemble de vallées sèches et de dépressions aux sols assez imperméables créent une mosaïque pédologique permettant un certain nombre de cultures exigeantes en eau. Cette zone agroforestière se présente comme une ramification progressive depuis un talweg unique au niveau du talus qui se divise en petits vallons vers l'est.

La savane constitue le troisième paysage de terre ferme. Il est constitué de deux éléments : la savane ouverte et la savane forestière. Une petite partie de la forêt classée, au sud-est, est occupée par la savane forestière. Le reste est occupé par la savane ouverte.

### Agencement des paysages à Bani (7.2.1)

La structure spatiale du paysage à Bani est assez simple. En terre ferme, l'élément principal est constitué de champs de culture peu boisés. Cet ensemble inclut un massif agroforestier autour d'une vallée sèche et est ponctué de quelques vergers. Enfin, cet ensemble agricole est bordé par les deux forêts classées, dont celle de Sangako apparaît au nord de l'extrait d'image. Il apparaît que les ressources en bois sont très faibles car la forêt classée appartenant, à l'État n'est pas exploitable légalement, ou alors seulement pour certaines ressources particulières. Cependant, face à cette faible ressource ligneuse, la capacité de production et la diversité des paysages agricoles restent assez importantes. En vasière, de larges étendues de mangrove dense et assez haute constituent une ressource importante. Cependant, à l'instar de la forêt classée, la mangrove ne peut être exploitée que pour certains produits et selon certains quotas. Les rives à très hauts arbres, les arrière-mangroves et les tannes peu développés, notamment face au village de Bani où de grands *Avicennia africana* se situent entre le tanne et la terre ferme, offrent par ailleurs aux paysages de vasière une diversité favorable à de nombreux services écologiques, notamment des habitats variés pour la faune.

Ainsi, le principal aspect négatif des paysages de Bani, à savoir la faiblesse des ressources ligneuses, est lié à l'inaccessibilité de la forêt classée et de la mangrove et à l'insuffisance des ressources ligneuses que présentent les espaces agricoles et agroforestiers.

## 7.2.2. Évolution des pratiques à Bani

Si la capacité de production est grande, est-elle durable ? Si la ressource en bois est faible, est-elle suffisante ? Est-elle bien gérée ? Pour répondre à ces questions, il s'agit de savoir quelles activités s'insèrent dans les trois types de paysages constituant le finage de Bani (figure 203), c'est-à-dire dans les mangroves, la forêt classée et la mosaïque des terroirs agricoles (7.2.2.1). De plus, rappelons que le village est localisé dans un secteur d'importants déboisements de la terre ferme. Quelles sont les évolutions des pratiques qui ont pu provoquer ou être provoquées par les évolutions de ces types de paysages (7.2.2.2) ?

### 7.2.2.1. Portrait des activités de Bani

Si les conditions écologiques et les actions humaines se dessinent assez bien pour expliquer les différents paysages du territoire de Bani, il s'agit tout de même de décrire les différentes activités qui se déroulent dans les différents terroirs, et leur organisation économique et spatiale pour le village (figure 204). Pour l'essentiel on retrouve un grand ensemble d'activités agro-sylvo-pastorales des terroirs essentiellement agricoles de terre ferme autour du village et un grand nombre de petites activités liées aux zones boisées à vocation sylvo-pastorales (forêts classées, lisières de la mangrove) ou sylvo-halieuistiques (mangrove des îles, chenaux).



**Cultures de l'arachide et du mil.** La principale activité de Bani, tant en termes d'occupation du sol que de temps de travail et d'importance économique la culture des terroirs extensifs, où alternent la culture du mil et celle de l'arachide. Ce terroir est extrêmement important dans toute la région et couvre pratiquement tout l'espace disponible. On y cultive en alternance le mil, la culture vivrière traditionnelle et l'arachide, la culture de rente héritée du colonialisme. Le labour s'y effectue à l'aide d'un attelage et le sarclage s'y effectue avec une petite binette à manche court.

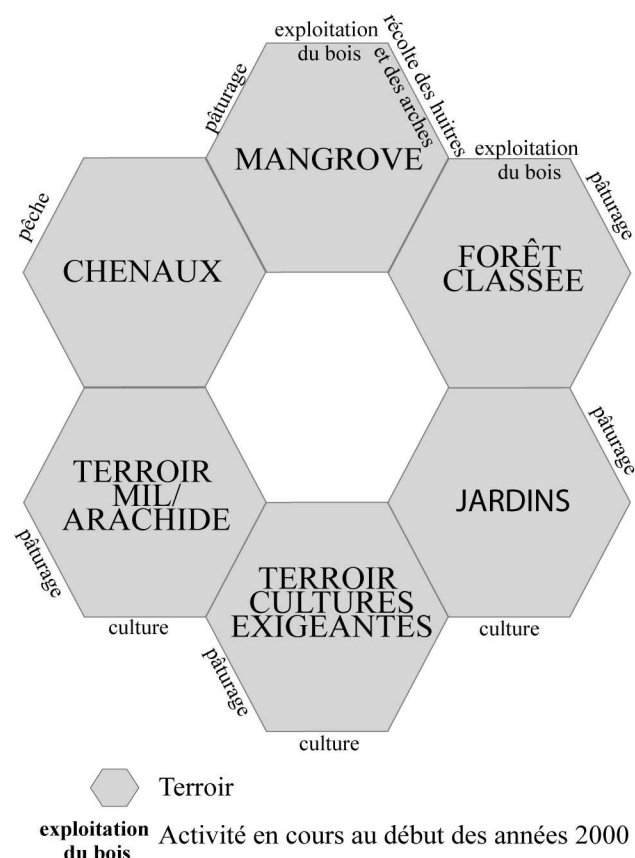


Figure 203 : Le finage de Bani

**Cultures exigeantes en eau.** Le second terroir est celui des cultures exigeantes en eau. C'est celui qui se localise dans l'agroforêt et sur le talus. On cultive dans de petites parcelles protégées ou non d'une clôture et à l'ombre ou non d'un arbre, une grande quantité de variétés en fonction des besoins et des caractéristiques de la parcelle. Dans les parcelles les plus inondées, on cultive le riz pluvial, dans celles qui sont humides mais pas inondées, on cultive le maïs, et on pratique le maraîchage. Ici, le labour et le sarclage s'effectuent avec la binette, sur de petites parcelles au centre des dépressions, séparées par de larges bandes non cultivées où les buissons et les arbustes sont assez présents.

**Exploitation du bois en zone agricole.** Les villageois exploitent également le bois dans les zones agricoles « Là, on va couper des branches dans les arbres des champs. » Les deux terroirs agricoles servent à l'exploitation de petit bois avec l'élitage, la coupe d'espèces qui rejettent de souche, comme l'*Azadirachta indica*, et à faible valeur voire à valeur négative pour le domaine agricole. Ces deux terroirs servent de pâture libre durant toute la saison sèche, dès la récolte. Un autre usage du bois est cité : l'émondage. « Avec les feux de brousse quand on est atteint du feu de brousse après nos bœufs ils sont très fatigués. Avec les feux de brousse il n'y a pas de paille à manger et quand il n'y a pas la paille on donne les feuilles des arbres. »



A : Petite coupe avec forte régénération

B : Coupe à l'arrière d'un rideau de *Rhizophora racemosa*



Figure 204 : Coupes de la mangrove à Bani





A : Gratage d'un tronc de *Daniella olivieri*  
B : Arbre tombé par un gratage excessif

Figure 205 : Exploitation de *Daniella olivieri* à Bani



**Exploitation du bois de mangrove.** Pendant l'enquête, le chef du village a affirmé : « On coupe la mangrove pour faire des toits car ici il y a des toits en paille pour les cases comme ça. Mais maintenant c'est très rare de couper parce que c'est interdit. Maintenant, on va dans la forêt. » Cependant, d'autres entretiens ont pu confirmer que l'exploitation n'a pas été totalement interrompue : « il y a des gens qui coupent le bois. Ils le laissent sécher dans la forêt et ils le ramènent au village quand il est tout sec. » La mangrove est assez peu exploitée, cependant on y retrouve l'exploitation du bois (figure 205). En effet, les acteurs ne sont pas bûcherons professionnels, ce sont des pêcheurs qui profitent de leurs missions dans les chenaux pour prendre quelques commandes, le plus souvent familiales.

**Exploitation du bois en forêt classée.** L'exploitation du bois a lieu en forêt classée. Evidemment, quand la question est posée directement sur l'exploitation de la forêt classée, l'enquêté nie l'exploitation forestière qui est interdite. « Là-bas, même prendre le bois mort c'est interdit. Donc nous on ne fait rien là bas. » Cependant, il a été possible d'obtenir des informations plus franches : « on va dans la forêt et on prend des branches de *Azadirachta indica* pour faire les cases. » La gestion en taillis d'*Azadirachta indica* et la récolte du bois mort sont en effet tolérées par les agents des eaux et forêts. La première pratique a été légalisée pour freiner la croissance de l'espèce exogène. La forêt classée de Sangako est en plus assez densément (et illégalement cette fois) exploitée pour l'écorce de *Daniellia oliveri*, utilisée comme encens. On y pratique un grattage des troncs qui, poussé à l'extrême, peut causer la rupture du tronc et la mort de l'arbre. L'exploitation des autres arbres est également pratiquée (figure 206).

**Exploitation du bois de mangrove à Bani**

L'exploitation du bois par les habitants de Bani s'effectue dans les chenaux les plus proches du village dont aucun n'offre des ressources très importantes. L'exploitation s'effectue alors sous formes de placettes de 25 m<sup>2</sup> à 100 m<sup>2</sup>, le long du chenal (figure 205b). Une rangée de *Rhizophoras racemosa* est maintenue, à la fois pour se cacher pendant la coupe et pour préserver l'habitat des huîtres dont la récolte constitue une activité importante pour les femmes de la région. « Les femmes elles vont chercher les huîtres pendant la saison sèche de décembre à juin. Il y a le bois mort, c'est les femmes qui vont chercher les mangroves mortes. » Sur ces placettes, la totalité ou la quasi-totalité du boisement est prélevé en coupant à la base des racines échasses, ce qui empêche tout maintien de l'arbre. Souvent quand la placette est grande, un ou deux arbres sont laissés au milieu. La régénération de ces parcelles quand elles sont petites ou quand un semencier est laissé au milieu est extrêmement rapide et correspond parfaitement au cycle sylvo-génétique des forêts de rhizophoras denses (figure 205a). Seules les placettes trop grandes ou trop proches de la berge en rive concave présentent un risque que l'érosion de la vase soit plus rapide que l'ensemencement et que la régénération soit ainsi bloquée. Si deux cas de figures de ce type ont été observés dans l'ensemble du delta, l'ensemble des parcelles des chenaux voisins de Bani présentait une régénération avec un tapis continu de jeunes pousses sur l'ensemble de la coupe.

La récolte de bois mort existe, elle aussi, quoi qu'en quantité restreinte, par simple manque de pirogue permettant de se rendre dans les mangroves et surtout de moteur permettant de se rendre dans les secteurs réellement intéressants pour cette pratique.

**Parcours.** En premier lieu, Bani est caractérisé par un troupeau assez peu important, quoi que trop grand pour les très faibles ressources d'un finage où tout est agricole, ou interdit (forêts classées), et où en saison des pluies, presque aucun espace n'est laissé en herbe. Entre la nécessité de protéger les troupeaux et la crainte de l'intervention des agents des eaux et forêts, c'est le soin des cultures qui prime et les troupeaux sont, à la saison des cultures, menés en forêt classée. « Il y a beaucoup d'endroits où on les emmène. Mais c'est surtout dans la forêt classée. Pendant l'hivernage on les mène dans la forêt classée. On laisse un grand chemin pour qu'ils aillent là bas. Pour qu'ils aillent passer la journée là bas, manger dans l'herbe et dans la paille. » Au sein des champs, est ménagé un corridor de pâturage pour relier le village où le troupeau passe la nuit à la forêt classée où il est mené durant la journée. En saison sèche, dès la récolte du mil et de l'arachide, le troupeau est laissé en pâture libre dans les deux terroirs agricoles. « Quand l'hivernage est fini on les laisse librement pour qu'ils se nourrissent de la paille dans les anciens champs. Le foin, c'est-à-dire la paille de l'arachide. Avec les feux de brousse quand on est atteint du feu de

brousse après nos bœufs ils sont très fatigués<sup>48</sup>. En saison des cultures, le troupeau pâit parfois à proximité du village, entre le village et la mangrove. On peut le retrouver alors dans le peuplement d'*Avicennia africana* à la limite de l'estran, laissant d'importantes marques sur la physionomie de ces arbres et arbustes. Le troupeau passe aussi du temps dans les jardins du talus quand ceux-ci ne sont pas mis en culture.

**Pêche.** La pêche, à l'instar de l'exploitation de la mangrove, est très rare, faute de matériel, pirogue et moteurs. Cependant on y retrouve les activités habituelles de pêche au filet et de petits pièges qui ne concernent pas tous les habitants et qui ne sont pas quotidiennes. Il en va de même pour la récolte des huîtres qui n'est pas inconnue des femmes de Bani mais qui n'est que peu pratiquée pour les raisons citées ci-dessus. Les activités de la mangrove constituent des activités de saison sèche, qui restent secondaires par rapport aux activités agricoles rythmant le calendrier annuel.

#### 7.2.2.2. Évolution du système rural

Comment ces pratiques ont-elles évolué ces trois dernières décennies, comment doivent-elles être reliées aux cinématiques du paysage ? À la fin des années 1960, les villageois de Bani cultivaient déjà l'arachide dans le terroir des sols sableux et sablonneux, et des cultures exigeantes en eau dans le secteur de sols argileux, aménagé en agroforêt sur un espace assez large autour de la vallée. Les rives de la mangrove sur les chenaux voisins de Bani, notamment les deux chenaux qui relient Bani et le grand chenal de Toubacouta à Missirah, étaient exploitées sous forme de petites parcelles de coupes, plus nombreuses qu'aujourd'hui selon les repérages effectués sur le terrain.

À Bani, comme dans toute la région, la sécheresse survenue à partir de 1968 (Hulme, 2001 ; Dai *et al.*, 2004), et l'effondrement des cours de l'arachide au milieu des années 1970 (Diagne et Daffé, 2002) ont mené au développement de la stratégie du « *Gnitatou bagane*<sup>49</sup> » (Sidibé, 2005).

Dans la région, de nombreux secteurs forestiers ont été ainsi défrichés. Cependant, l'hypothèse la plus vraisemblable est qu'à Bani, tous les espaces forestiers possiblement défrichés l'aient déjà été avant cette date et que le finage de Bani n'a pas évolué selon ce processus qui a touché toute la région. Bani présente l'apparent paradoxe de se situer dans le bassin arachidier, et donc la région des importants défrichements, et de n'avoir, dans la période étudiée, connu que des dégradations d'agroforêts, et aucun défrichement d'espace de savane.

On retrouve cependant à travers l'enquête la mémoire de ces défrichements et des types de paysages qui les ont précédés. L'enquête qui servait d'accompagnateur pour l'enquête *in situ* portant sur la forêt de Sangako a montré, dans les champs, des espaces en me donnant les noms hérités de leurs paysages forestiers comme par exemple un secteur agricole nommé « maad ba » en raison d'un important fourré de *Saba senegalensis*. Durant l'enquête au village, interrogé sur les arbres dans les champs, un agriculteur a répondu « Des fois il y a des arbres à la limite entre les champs et des fois il y a des arbres dans les champs, au milieu du champ. Il y a des arbres qui étaient là avant le champ et d'autres qui étaient petits et on les a laissés. Car les gens ont besoin de l'arbre parce que à midi on se repose sous l'arbre. » Si les défrichements autour de ce village datent d'avant la fin des années 1970, les villageois d'un certain âge en gardent mémoire. Par ailleurs, l'agriculteur enquêté à propos de la chasse a précisé : « Auparavant tu entends que les

<sup>48</sup> Outre l'impact du troupeau et des feux sur les paysages, cette mauvaise gestion nuit au troupeau lui-même. Le village de Bani, avec ses différents terroirs, n'est pas toujours en mesure, à cause des feux, des défrichements et du pâturage, de nourrir son propre troupeau. En effet, le début de la saison des cultures, période du labour, précédant la pousse des herbacées annuelles, correspond à une période de « soudure » pour les troupeaux, où non seulement ils sont affaiblis par la faim mais au cours de laquelle ils doivent fournir le plus grand travail physique.

<sup>49</sup> Le « *Gnitatou bagane* », en wolof, littéralement « ratisser large pour grappiller quelque chose » consiste à faire le pari de l'extensivité dans la culture en alternance du mil et de l'arachide (Sidibé, 2005). Cultiver les superficies les plus grandes possibles est apparu aux paysans du Bassin arachidier, les Saloum-Saloum, comme la meilleure stratégie face aux risques de faible pluviosité ou de faible prix de vente pour l'année en cours. Les améliorations des techniques de labours s'étant avérées dans de nombreux cas inadaptées, les apports chimiques ou organiques étant difficilement accessibles, le défrichement d'un maximum de superficies et le passage d'un assolement triennal (mil-arachide-jachère) à un assolement biennal (mil-arachide) sont apparus comme les plus efficaces (Sidibé, 2005).

gens vivaient de la cueillette et de la chasse. C'était bien considéré ici, il n'y a pas si longtemps. C'est le gouverneur Faidherbe qui a amené l'arachide et le mil. »

Ainsi, des défrichements récents ont pu être observés dans les villages voisins comme à Missirah (Viu-Yepp., 2005) ou dans la forêt classée de Vélor (Sidibé, 2005) mais pas à Bani. Cependant, de petites évolutions des techniques agricoles ont découlé de cette nouvelle pratique et des bouleversements qui l'ont accompagnée et se sont enchaînés progressivement.

### ***Évolution des techniques agricoles***

On peut supposer que le « *Gnitatou bagane* » s'est ici concrétisé par une diminution maximale des espaces en jachère. De plus, durant la même période, on a vu se développer le labour attelé avec l'apparition des charrues tirées par les chevaux ou les bœufs. Les troupeaux de bœufs du village ont ici le double rôle de tirer la charrue et de fertiliser les sols. Or, plus les espaces cultivés et labourés sont étendus, plus la fumure est dispersée et moins elle est efficace. Cet extensivité, assez logiquement d'ailleurs, a donc mené à un appauvrissement des sols, d'autant que les temps de jachère ont peu à peu disparu.

### ***Évolution des parcours***

Plus les espaces cultivés sont étendus, plus la ressource fourragère est réduite par une meilleure élimination des adventices et une disparition des jachères. De plus, durant cette période le développement de la chasse touristique et les tentatives d'élimination des phacochères en éliminant les habitats potentiels en zones agricoles ont mené à l'accroissement des feux volontaires qui ont, eux aussi, largement limité la ressource fourragère. Cette diminution de la ressource fourragère a mené au développement des pratiques d'émondage pour le pâturage. Elle a obligé les pasteurs à mener le troupeau en forêt classée durant les cultures, faute de jachères où parquer les bœufs.

### ***Évolution de la gestion des ressources ligneuses de mangrove***

Le bois de mangrove était probablement, dans les années 1960, la principale ressource, tant en bois de chauffe qu'en bois de construction, ce probablement jusqu'aux années 1980. Cependant ces dernières décennies, les mesures de protection de la mangrove se sont accumulées progressivement dans l'ensemble du delta et tout particulièrement dans le secteur des îles Betenti<sup>50</sup>. Face à ces mesures de protection toujours plus grandes, l'exploitation des mangroves est progressivement arrêtée et remplacée par une exploitation elle-même illégale des forêts classées ou de l'agroforêt, « On coupe la mangrove pour faire des toits car ici il y a des toits en paille pour les cases comme ça. Mais maintenant c'est très rare de couper parce que c'est interdit. » Ainsi, comme le dit l'enquêté, l'exploitation des mangroves, en tout cas celles de Bani, ont fortement diminué, comme le témoignent par ailleurs indirectement le très faible nombre de pirogues que possède aujourd'hui le village.

### ***Évolution de la gestion des ressources ligneuses de terre ferme***

La disparition des jachères, l'élimination des recrues, l'émondage et le recul de l'exploitation de la mangrove ont poussé les villageois à exploiter de plus en plus la forêt classée où, en plus du pâturage, les divers prélèvements se sont progressivement accentués. Or, les autorités des eaux et forêt demeurent en bien trop faible effectif pour effectuer une surveillance efficace afin d'empêcher l'exploitation illégale de la forêt classée ou gérer les feux précoces pour empêcher les feux tardifs.

---

<sup>50</sup> En 1976 est créé le parc national des îles du Saloum concernant l'île de Poutake et une large zone océanique. En 1981, ce parc national devient zone centrale d'une réserve de biosphère (projet Man And Biosphere de l'UNESCO) l'ensemble du delta devenant zone tampon. Dès lors, l'exploitation du bois est officiellement soumise à quotas et autorisation préalable du service des eaux et forêts. En 2004 est créée l'Aire Marine Protégée du Bolon de Bamboung qui constitue à la mise en défens totale de 700 hectares de mangrove et de chenaux.

Notons que si la classification des îles par l'administration coloniale et la création du parc n'ont été que des décisions administratives sans réelles conséquences sur les modes de gestion, ces dernières années, le contrôle de l'exploitation des ressources des milieux de mangrove dans le delta du Saloum, tout particulièrement dans les îles Betenti où se juxtaposent le parc national (île de Poutake) et l'aire marine protégée (Bolon de Bamboung), s'est nettement concrétisé aujourd'hui.



**Mise en place de vergers**

Comme le fait remarquer un villageois lors de l'entretien, les vergers sont présents mais en faible proportion à Bani. « Oui il y a des mangues, des cajous, mais pas beaucoup. Il y a d'autres villages avec beaucoup d'arbres fruitiers comme Nema N'ding. Là bas, il y a des manguiers, des cajous, même des orangers... mais ici il n'y a que des manguiers et des cajous. ». Par ailleurs, Le caractère nouveau de ce type de terroirs a été aussi mis en évidence lors de cet entretien : « Le cajou est apparu quand j'étais enfant, il n'y a eu qu'un champs dans la forêt mais c'était gratuit et pour tout le monde. Depuis quelques années, c'est devenu un peu plus important, il y a pas mal de familles qui décident chaque année de planter dans un de leurs champs des cajous. C'est surtout sur des *cotes argileux*, ici vers les jardins ou alors vers la rivière derrière Nema-Nding. » Lors d'un entretien *in situ* avec un agriculteur qui convertissait une parcelle de culture en verger, les motivations de l'apparition du cajou dans ces régions sont apparues clairement. Le cajou apparaît comme « une culture facile [...] pour avoir de l'argent. » L'idée étant qu'il suffit de planter l'anacardier pour, quelques années plus tard, en tirer de l'argent tous les ans. Cependant, à Bani, ce processus est encore récent et peu développé et l'on ne peut pas encore parler de modification de l'économie ou des pratiques agricoles en raison du développement encore faible de ces vergers. Cependant, si cette tendance se poursuit, de réels changements sont amenés à se produire. La présence des vergers offre en effet une diversité des productions agricoles qui devrait diminuer les risques de mauvaises récoltes en cas d'anomalie climatique ou d'autres aléas.

**Évolution des pratiques à Bani (8.1.2)**

Le finage de Bani est centré autour des activités agricoles, voire même autour de la culture de l'arachide et de son binôme le mil. Ainsi toutes les autres activités sont reléguées dans les espaces et aux moments (saisons, horaires) impropres aux cultures. Il en résulte que les pratiques sylvo-pastorales sont minimales, gérées avec peu de soin, de temps et d'attention pour permettre la durabilité de la ressource.

Ce déséquilibre dans l'intérêt porté aux différentes pratiques et aux différents terroirs peut s'expliquer par la nécessité de faire face à la double crise qu'ont constitué la sécheresse et l'effondrement des cours de l'arachide. Ces autres activités ont été sacrifiées au « tout arachide ». Un deuxième facteur rentre en jeu : la gestion plus sévère des mangroves, laquelle a mené à un report de l'exploitation qui y était effectuée sur la forêt classée et sur les terroirs agroforestiers. Il reste nécessaire d'étudier l'impact de ces différentes pratiques et de leurs évolutions.

Il faut noter que les changements observés à Bani sont beaucoup moins marqués que ceux qu'a connus le finage de Diamniadio, dans la mesure où il ne s'agit ici que de relatives intensifications ou de relâchement de certaines pratiques.

**7.2.3. Dynamique du paysage à Bani**

Bani semble présenter un déséquilibre entre une activité agricole surdéveloppée, au détriment de la gestion du bois. Or l'analyse de la carte des changements de l'occupation du sol à Bani (7.2.2.1), a révélé deux cinématiques de stabilité : la stabilité de la végétation ligneuse en forêt classée (7.2.2.2) et de la mangrove (7.2.2.3), et une cinématique régressive : la perte du caractère agroforestier des terroirs agricoles (7.2.2.4). Un examen sur le terrain de ces trois cinématiques peut cependant révéler des changements subtils de la végétation qui, bien que non perceptibles par analyse d'imagerie satellite, indiquent cependant les tendances plus complexes.

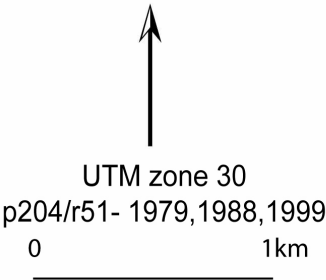
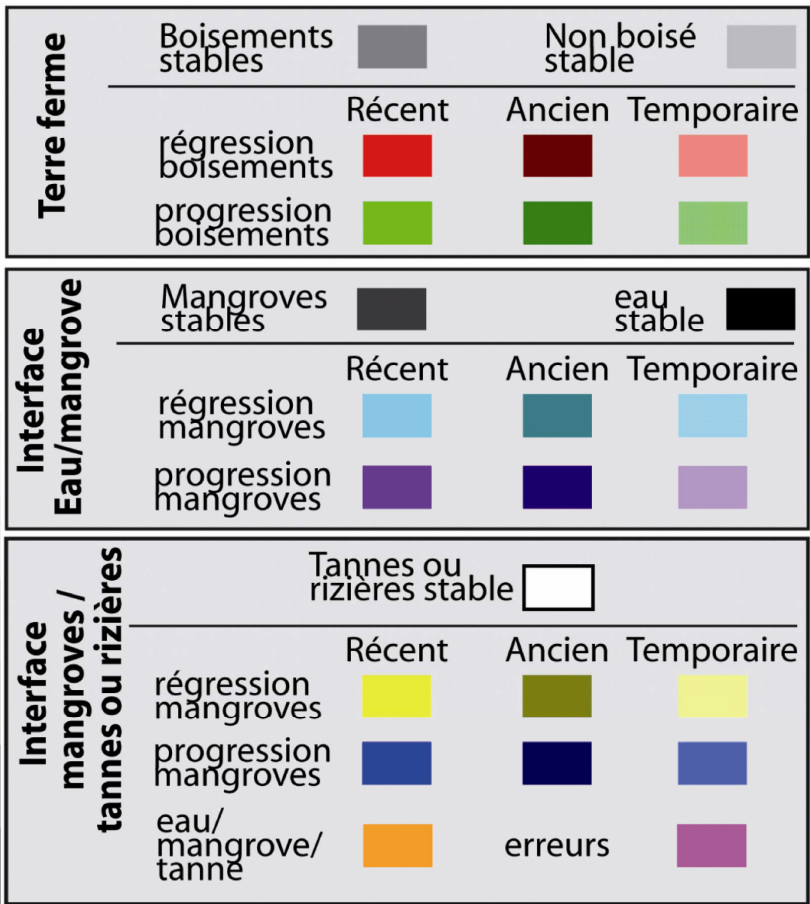
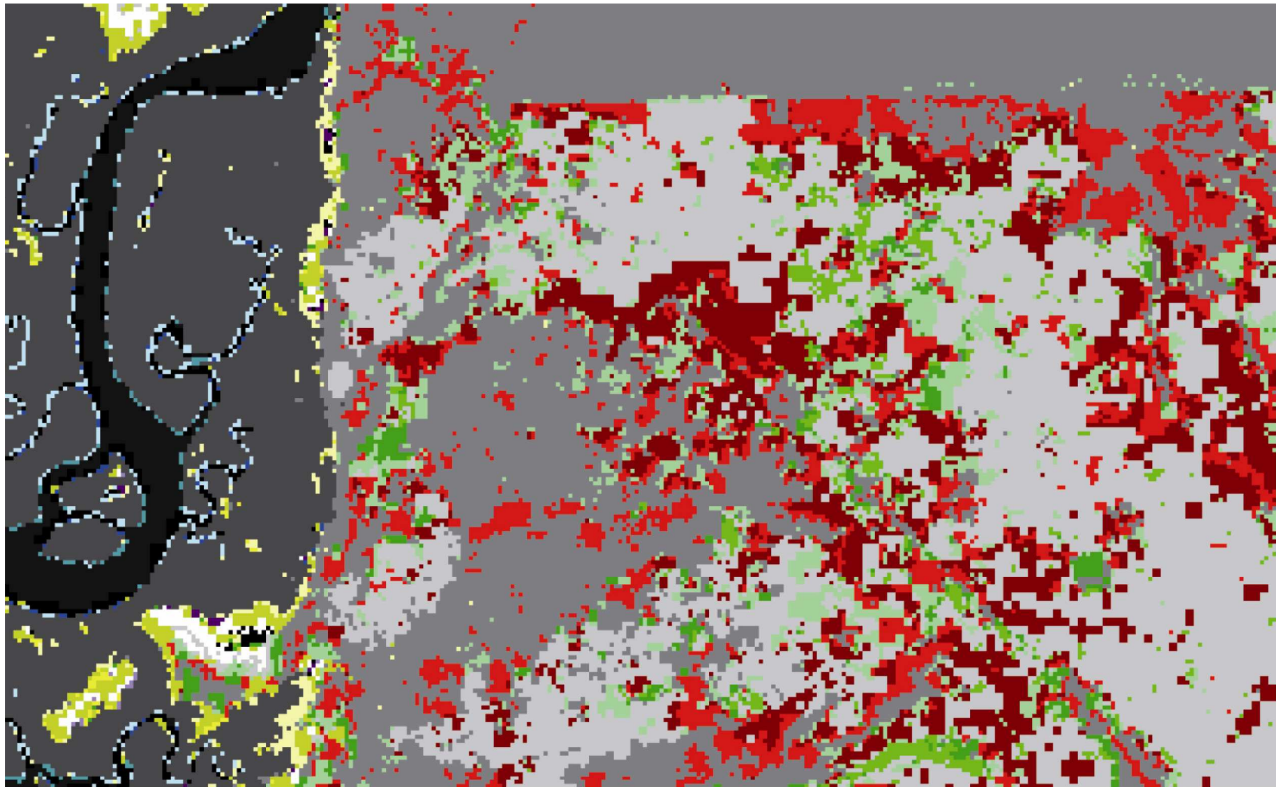


Figure 206 : Carte des changements de l’occupation du sol à Bani

### 7.2.3.1. Changements dans l'occupation du sol à Bani

Deux éléments sont à retenir de la carte de la figure 207 : la mangrove apparaît globalement stable et des changements complexes apparaissent sur la terre ferme.

La mangrove n'est en régression (légère) qu'au niveau de la limite avec le tanne, principalement au contact entre la terre ferme et deux ensembles : le linéaire de Toubacouta à Bani et la presqu'île de Dassilamé-Sérère (seul le premier appartenant à proprement parler au territoire de Bani). Deux îles constituées de vase sont aussi touchées par ce recul (l'une au large de Dassilamé-Sérère, l'autre au large de Toubacouta) et sont occupées par un tanne qui a progressé entre les années 1970 et les années 1980. La régression constatée entre Toubacouta et Bani est localisée sur la coupe de végétation et sera traitée ci-dessous (figure 203).

En terre ferme, deux boisements apparaissent stables : premièrement, la forêt classée de Toubacouta-Sangako, tout d'abord, dans sa partie nord avec une limite extrêmement linéaire correspond à la route de Koular qui est bordée d'une ligne d'anacardiens (figure 203) ; deuxièmement, au centre de la carte (figure 203), encadrant à l'est le village de Bani, l'agroforêt à Caïlcédrat. Tout autour, au sud-ouest de la forêt classée de Sangako, de part et d'autre de l'agroforêt et au nord de la forêt classée de Fathala, le boisement est, à l'inverse, en régression. Près de Bani, ces déboisements sont en général anciens et datent de la période 1979-1988 ; entre Dassilamé-Sérère et la forêt classée de Fathala, le long de la route de Koular et dans l'est, les déboisements sont majoritairement récents, datant de la période 1988-1999. Il s'agira d'étudier, par les coupes de végétation, les processus de cette régression. Cependant, au sein de cette trame de déboisement on retrouve quelques secteurs de progression des boisements. La majorité d'entre eux sont des vergers d'anacardiens.

### 7.2.3.2. La forêt classée : régression de la végétation ligneuse

#### *Analyse paysagère*

La figure 201a correspond au type de végétation représenté dans la partie gauche (sud-est) de la coupe (figure 208). La végétation y est dense. La canopée n'est pas continue mais le taux de recouvrement au sol par la strate des arbres adultes (4-10 mètres) est supérieur à 50 %. L'espèce dominante est *Daniellia olivieri*. Les strates moyennes et basses sont composées de jeunes recrues forestières et d'herbacées annuelles les espèces ligneuses dominantes sont *Daniellia olivieri* et *Azadirachta indica*. De jeunes ligneux peuvent ici être relevés, témoins de feux de brousse rares, ou rampants et précoces ne détruisant qu'une partie de la végétation.

Dans ce secteur, on observe des arbres coupés pour le bois, un certain nombre de prélèvement mineurs (branches), ainsi qu'une exploitation assez intense de l'écorce de *Daniellia olivieri* qui mène assez fréquemment à la chute de l'arbre qui ne rejette jamais de souche. Les branches basses montrent les marques d'abroustissement, le pâturage a donc lieu en forêt.

Ces exploitations semblent compensées par une régénération de l'espèce sous elle-même comme le démontre la grande quantité de jeunes plantules et de jeunes arbustes de l'espèce. Cependant, si la régénération est bloquée ou trop lente par rapport au rythme d'exploitation, une cinématique régressive va se mettre en place, avec une ouverture du peuplement au fur et à mesure de l'élimination des arbres quelle qu'en soit la cause.

La figure 201b correspond au type de végétation représenté dans la partie droite (nord-ouest) de la coupe (figure 208). La végétation est plus ouverte avec des taux de recouvrement inférieurs à 50 %. Les strates hautes sont largement dominées par *Azadirachta indica* majoritairement traitée en taillis. Les strates moyennes et basses sont très peu importantes, constituées des rejets de souche et de quelques jeunes recrues d'*Azadirachta indica* (ici les herbacées annuelles sont brûlées, la photographie est prise en fin de saison sèche). L'exploitation forestière par une gestion en taillis qui favorise *Azadirachta indica* est peut-être, en plus, un facteur d'ouverture du peuplement. Par ailleurs, le très faible effectif de jeunes plantules est ici le



témoin de feux assez hauts, tardifs, et détruisant toute la végétation basse. Sur la photographie (figure 201b), les branches de l'arbre à plusieurs mètres de hauts sont brûlées. Ici, le feu ne permet pas la régénération des espèces et seul *Azadirachta indica*, par une certaine résistance aux feux et une grande capacité de rejeter de souche, semble permettre un maintien de la végétation.

### Résultats d'enquêtes

Premièrement les feux de brousse pénètrent de plus en plus souvent dans la forêt classée. Les villageois mettent en relation la cinématique régressive en forêt classée avec la répétitivité de ces feux. « En plus ça peut aller très loin, ça peut rentrer dans la forêt classée [...]. Les forêts qui sont de moins en moins touffues c'est surtout à cause des feux de brousse et de la sécheresse car nous, quand on prend une des branches pour refaire une toiture, ça peut durer une quinzaine d'années. » Le discours équivalent à celui de l'enquête in situ en forêt classée met en évidence que l'exploitation n'est pas très importante et pourrait, dans un milieu moins contraignant pour la végétation ligneuse, être largement compensée par la régénération naturelle du peuplement.

Deuxièmement, le développement d'*Azadirachta indica* est très rapide dans la région. Ainsi, les autorités des eaux et forêt ont autorisé l'exploitation en taillis d'*Azadirachta indica* pour limiter son expansion.

Cela ne suffit pas à subvenir à l'ensemble des besoins de ressources forestières, ni en quantité ni surtout en qualité car un grand nombre de produits sont nécessaires et ne peuvent pas être apportés par *Azadirachta indica*. La forêt classée de Sangako présente un boisement aux trois dates de prise de vue et a été cartographiée comme un boisement stable (figure 208), ce qu'elle est selon les critères. Cependant, sur le terrain, on a pu observer les marques de changements qui, même s'ils sont faibles, nous ont paru dignes d'intérêt.

### Analyse rétrospective

La coupe de végétation se situe dans un secteur de transition entre ces deux faciès de savane (figure 208). Au sud-est, on observe un peuplement de *Daniellia oliveri* assez dense, et des jeunes recrues de plusieurs âges et espèces. Au nord-ouest, le peuplement d'*Azadirachta indica* est très ouvert et la régénération est nulle.

À la fin des années 1970, il semble que la végétation ait été plus dense et que le peuplement de *Daniellia oliveri* était également plus jeune. En outre, d'autres espèces étaient présentes telle *Pterocarpus erinaceus*. La physionomie de savane forestière, avec strate buissonnante et régénération des espèces arborées, couvrait l'ensemble de la coupe. Le nord-ouest ne présentait pas encore de peuplement d'*Azadirachta indica*. À la fin des années 1980, *Azadirachta indica* n'était présente qu'à l'état de jeunes plantules. On a par ailleurs estimé que les facteurs de diminution de la couverture avaient déjà commencé et que les arbres étaient déjà exploités : *Pterocarpus erinaceus* pour la menuiserie et *Daniellia oliveri* pour l'écorce. La régénération avait encore lieu sur l'ensemble de la coupe.

Très clairement nous avons ici aussi affaire à un processus de dégradation où biodiversité ligneuse et biomasse diminuent progressivement menaçant la ressource et les services écologiques.

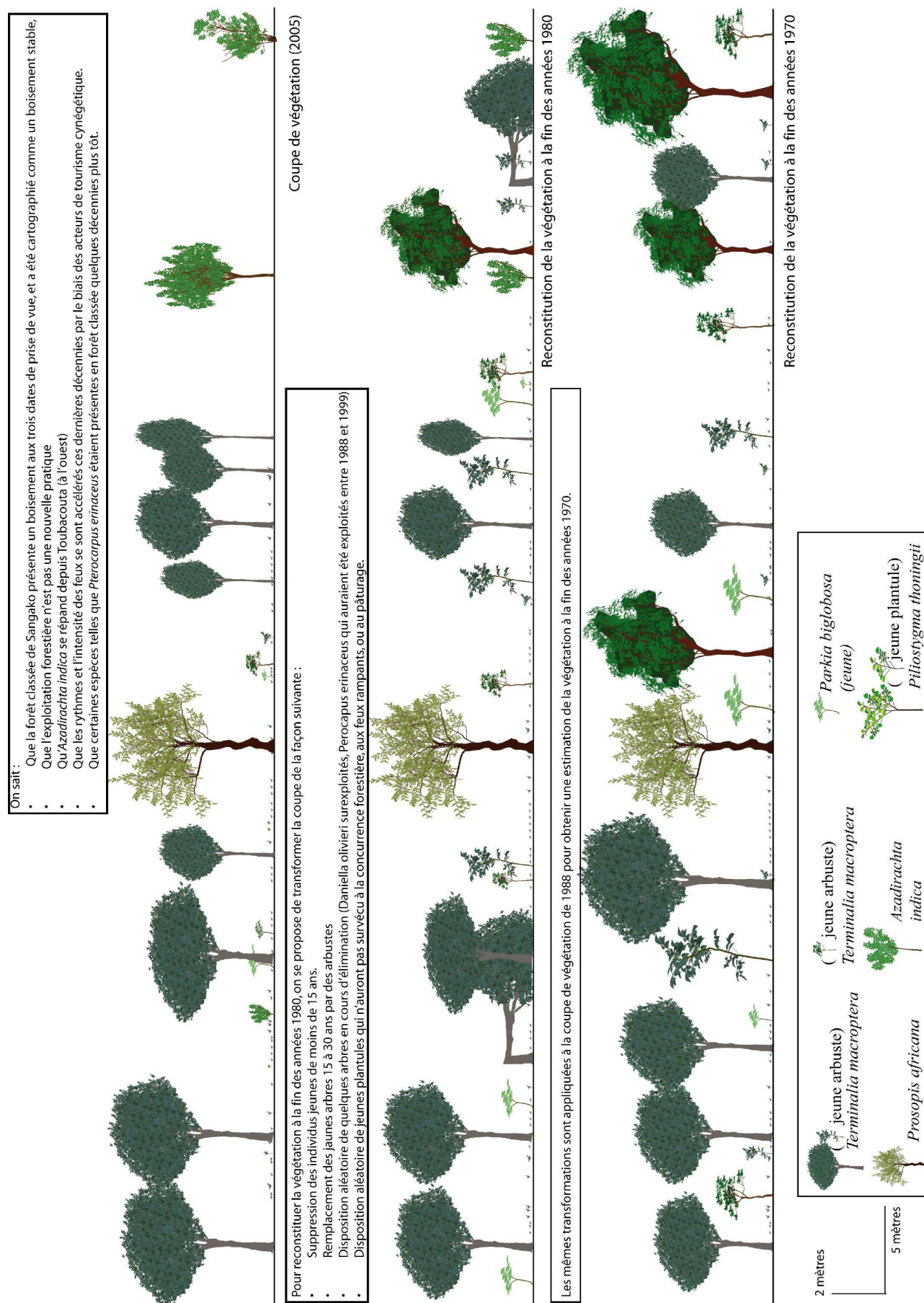


Figure 207 : Analyse rétrospective en forêt classée à Bani

### 7.2.3.3. La mangrove : exploitation inadaptée et pâturage

#### *Analyse paysagère*

Premièrement, on observe, en transition avec le tanne, des formes de dépérissement telles que des arbustes de taille très réduite et des arbustes aux branches mortes : un grand nombre de jeunes plantules et de jeunes arbustes morts sur pieds (figure 199b). Deuxièmement, le rideau de grands arbres d'*Avicennia africana* est caractérisé par une gestion en taillis et un important abrouissement des branches basses et des jeunes recrues (figure 199c). Troisièmement, le rideau de grands arbres de *Rhizophora mangle* est caractérisé par une gestion d'exploitation forestière en placettes. Ces placettes sont localisées à quelques mètres de la rive du chenal et s'étendent de quelques m<sup>2</sup> à quelques centaines de mètres carrés. Quand elles sont de grande superficie, elles correspondent souvent à une coupe sélective laissant des arbres sains au milieu de la coupe, si bien que la reprise est généralement très rapide.

#### *Analyses rétrospectives*

La coupe de végétation en mangrove (figure 209) est située en rive convexe et débute avec un très grand *Rhizophora racemosa* très incliné vers l'estran et présente les marques d'un important déplacement par surdéveloppement des branches et rhizophores vers le bas de l'estran, et par élagage des tissus vers le haut. La coupe se poursuit avec d'autres grands *Rhizophora racemosa* inclinés vers le chenal.

Par delà, commence le boisement dense et régulier à *Rhizophora mangle*, avec des arbres de 5 à 10 mètres. Ces arbres sont estimés à une vingtaine d'années au maximum et témoignent d'un changement au moment de la prise de vue de 1979, sauf un arbre au milieu d'eux qui est clairement plus âgé par sa taille, son port et le diamètre de son tronc. Cette structure horizontale et verticale rappelle très clairement les coupes de végétation telles qu'elles sont pratiquées dans la région. Après quelques arbres de taille plus imposante, on observe un chablis occupé par un tapis continu de jeunes plantules d'un à deux ans.



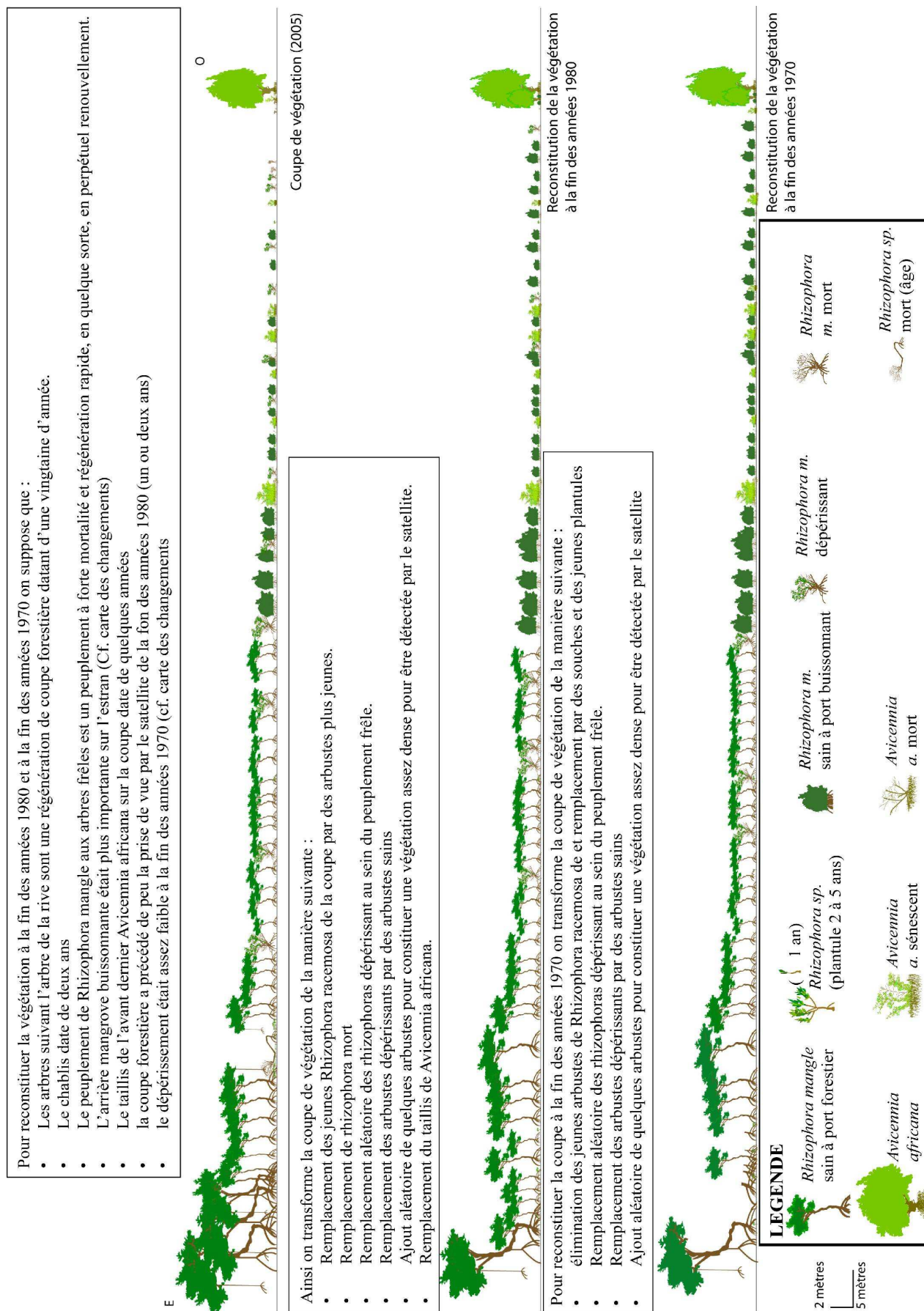


Figure 208 : Analyse rétrospective en mangrove à Bani

La coupe a traversé un chablis lié à la chute naturelle d'un arbre adulte. Dans la clairière, on remarque d'une part, la compétition des arbres avoisinants pour la lumière (marquée sur les branches hautes et les racines aériennes), d'autre part, le tapis dense de plantules qui couvre la quasi-totalité de la clairière. Vers le haut de l'estran, le peuplement s'éclaircit progressivement en même temps qu'il diminue de hauteur. Quelques arbres dépérissants apparaissent. Aux deux tiers de l'estran, les *Rhizophora sp.* deviennent des arbustes, puis apparaissent rapidement les *Avicennia africana*, à l'état de buissons eux aussi. L'arrière-mangrove, avec sa formation mixte, discontinue et buissonnante, s'étend jusqu'au tanne avec des buissons de plus en plus bas et de plus en plus mal-venants, jusqu'au secteur où on ne trouve plus que quelques souches et de jeunes individus de *Rhizophora mangle*, morts sur pied. La coupe a rencontré un grand *Avicennia africana* aux branches basses pâturées et coupées en limite haute de l'estran.

La coupe de végétation et les estimations qui sont faites de la végétation antérieure permettent de mettre en évidence que l'exploitation forestière est durable en ce qu'elle mène à une rapide régénération. Cela a également permis de mettre en évidence un certain nombre de changements qui n'apparaissent par sur l'analyse des images satellites : ni les coupes de végétation, ni le cycle sylvogénétique naturel. Par ailleurs, cette coupe a permis d'identifier deux cycles sylvogénétiques différents : dans le bas de l'estran aux arbres hauts et à la végétation dense, le cycle est propre à la majeure partie des forêts denses et correspond au modèle de la hêtraie bien connu des forestiers européens. Dans les secteurs plus contraignants, apparaît un cycle très court avec un renouvellement permanent de jeunes arbres qui se développent et meurent prématurément. Ce dernier cycle annonce ce qui se passe en lisière de tanne où, à chaque saison de fructification, de grandes quantités de propagules germent à la limite du tanne et de la mangrove pour dépérir lors de la prochaine saison sèche. Enfin, on a pu illustrer les processus de tannification, très différents entre Diamniadio et Bani. Dans le dernier cas, les conditions hydriques nettement plus favorables ont atténué les impacts de la sécheresse et le rideau d'*Avicennia africana* qui en résulte a « absorbé » l'action du pâturage qui s'y concentre et le modifie sans créer de régression. **La mangrove ne présente pas ici de dégradation, ni passée ni actuelle, aucune amélioration n'est observée, la situation est donc neutre.**

### 7.2.3.4. Zones agricoles : disparition progressive du caractère agroforestier

S'il n'y a pas eu de défrichement *stricto sensu* sur le finage de Bani ces 25 dernières années, d'importantes surfaces de déboisement ont été cartographiées (figure 210). Il s'agit de la dégradation de formations agroforestières par l'appauvrissement des sols, le pâturage, l'émondage et le passage répété de feux précoces.

#### *Analyses paysagères*

Une analyse systématique des marques de changement et de facteurs de changement révèle une exploitation légère des arbres, un peu plus importante dans l'agroforêt. L'essentiel de cette exploitation est faite de gestion en taillis et d'émondage pour nourrir les bêtes. On note quelques replantations ponctuelles d'arbres, essentiellement pour délimiter les parcelles. Il s'agit généralement d'*Eucalyptus camaldulensis*, *Azadirachta indica* ou *Borassus aethiopicum ssp. flabellifer*. Ce processus concerne plutôt les terroirs d'alternance mil-arachide. L'autre changement apparent est le rapide développement d'*Azadirachta indica*. Le processus en cours est celui d'une conquête quasi systématique des zones au pied des grands arbres de la zone agricole, quelle que soit l'espèce, ainsi que des termitières abandonnées. Très souvent, on retrouve un grand arbre comme *Khaya senegalensis* ou *Cola cordifolia*, et sous lui une couronne monospécifique d'*Azadirachta indica*. Très rares sont les jeunes plantules autres que celles d'*Azadirachta indica* qui ont pu être recensées dans la zone agricole de Bani.

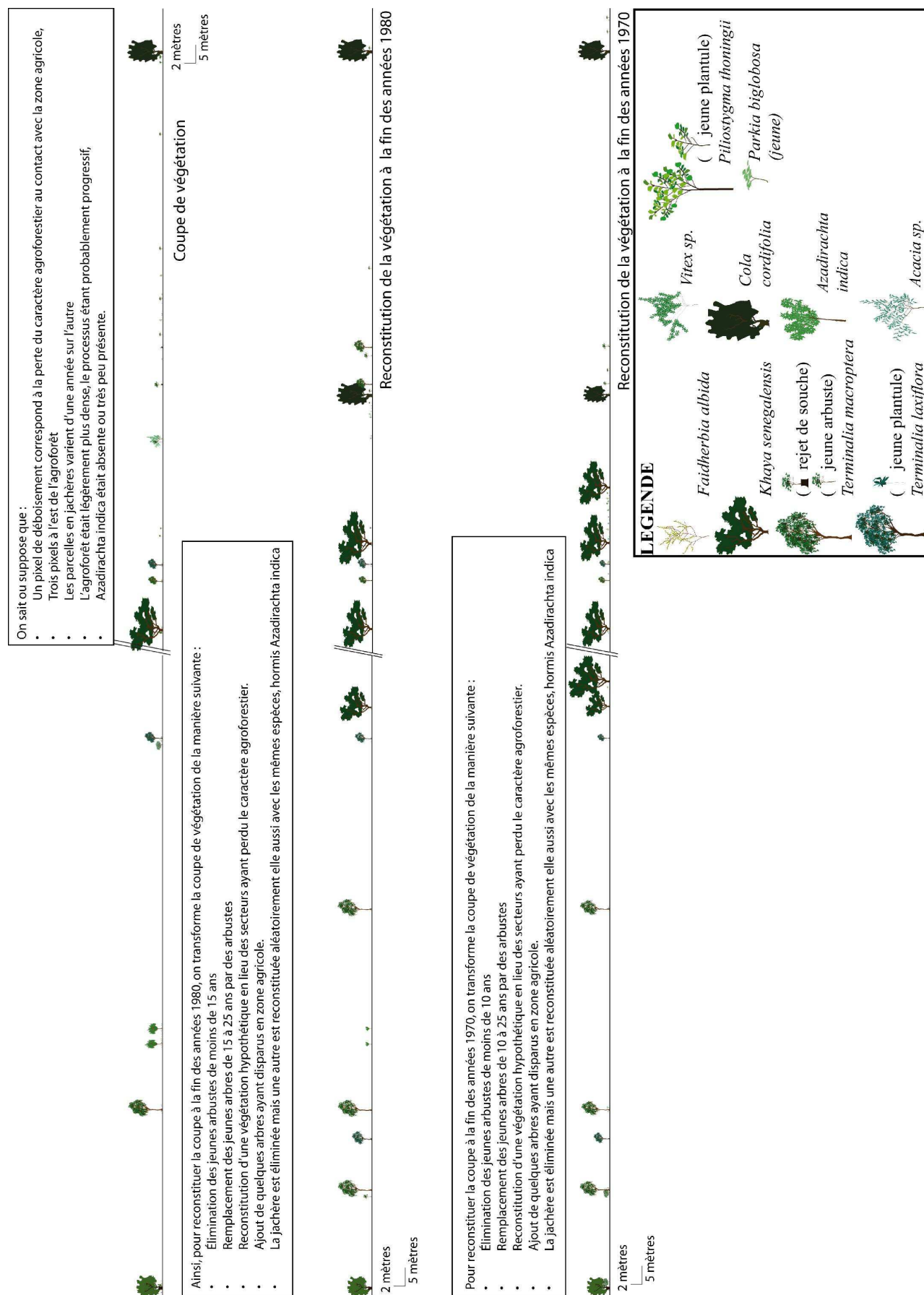


Figure 209 : Analyse rétrospective en zones agricoles à Bani



L'autre facteur de changement qui apparaît lorsque l'on analyse les paysages agricoles de Bani est le feu. En effet, chaque année, des feux rampants parcourent les espaces agricoles de la région. De plus, il arrive parfois que de grands feux se développent et détruisent, en plus de la végétation ligneuse, vergers, bétail et habitations.

### *Résultats d'enquêtes*

- *Exploitation du bois, élimination des recrues*

Indépendamment des discours sur l'importance des arbres et la nécessité de les épargner dans les zones agricoles, « Nous, on dit qu'il ne faut pas couper les arbres fruitiers de ses champs. Le chef du village il contrôle ces choses-là, mais même un jeune homme il a le droit de dire que ce n'est pas bien de faire ça. Parce que l'arbre qui est prêt à nourrir la personne, toi tu ne peux pas le couper comme ça. » Les agroforêts de Bani ont perdu en assez grande partie leur boisement et de leur caractère agroforestier. Le premier facteur qui a pu être noté pendant l'enquête au village « Quand on est en train de biner un champ, on coupe les petits arbres mais jamais on retire la racine. Après, dans les lieux où on ne peut pas cultiver il y a des petits arbres qui commencent à pousser. La machine là, avec la machine elle élimine beaucoup de petits arbres. Tu sais, c'est avec la racine que l'arbre peut se développer. Et dans un champ on passe la machine deux ou trois fois alors l'arbre il risque de mourir. » Il a aussi été noté pendant les observations des pratiques agricoles, est l'élimination des jeunes arbres et arbustes dans les champs par le labour attelé, déjà évoqué en Pays Sérère dans les années 1980 (Lericollais, 1989). Avant, les arbustes des jachères n'étaient que coupés et ils rejetaient rapidement de souche après les cultures. Avec l'apparition de la charrue, les arbustes ont été déracinés, les sols se sont ainsi fragilisés, rendus plus vulnérables à l'érosion éolienne, et les jachères se sont appauvries car elle ne peuvent plus se reconstituer que par ensemencement (Lericollais, 1989).

- *Assèchement et ensablement*

Cependant, ce phénomène n'explique pas à lui seul l'évolution paysagère. Il est apparu, durant la visite de l'agroforêt, que les potentiels agronomiques d'une partie de celle-ci ont diminué. En effet, la sécheresse a asséché le cours de la rivière qui passait au milieu de l'agroforêt de Bani, et a diminué les surfaces temporairement inondées, ou les temps d'inondation, rendant ainsi de nombreux espaces impraticables pour la riziculture pluviale. Cet assèchement du terroir s'est accompagné d'un ensablement lié à l'érosion des sols. La sécheresse et l'ensablement de secteurs de sols argileux auraient réduit la capacité de rétention de l'eau de ces sols voués aux cultures exigeantes en eau. Ainsi, durant la visite de l'agroforêt, le villageois m'a montré un certain nombre de secteurs, les plus hauts et éloignés de la vallée sèche, où les « sols argileux ont été ensablés » et où sont désormais cultivés en alternance mil et arachide. Il s'agit donc du passage d'un terroir à l'autre. Les sols, plus sableux, retenant moins bien l'eau ont été progressivement rendus impropres aux cultures exigeantes en eau qui y étaient cultivées. Ces espaces ont été progressivement convertis à la culture de l'arachide, le labour désormais effectué à la charrue ayant par la suite fortement contribué à la dégradation de leur caractère agroforestier. Durant les années 1980 et 1990, ce sont ainsi d'assez larges pans de l'agroforêt de Bani, les plus hauts et les plus éloignés de la vallée sèche, qui ont progressivement perdu leur caractère agroforestier.

- *Le rôle du feu*

L'augmentation de la fréquence des feux de brousse a progressivement détruit le couvert arbustif et limité la régénération arborée. En effet, l'ensemble de ce secteur est touché chaque année par des feux, le plus souvent précoces et rampants, quelquefois tardifs et hauts. Les feux sont, selon l'ensemble des enquêtés, soit accidentels et liés à des pratiques maniant le feu, soit volontaires et liés au tourisme cynégétique<sup>51</sup>. Quelle qu'en soit l'origine, ils sont perçus par les éleveurs et les agriculteurs comme néfastes. « Ici quand il y a des feux de brousse, tout le village se lève et essaye d'éteindre le feu. Avec

---

<sup>51</sup> « Les feux de brousse ici c'est pour les chasseurs et ici la chasse c'est pour les blancs. Nous on n'a pas le droit de chasser. Moi j'ai un fusil, je n'ai pas le droit de chasser. [...] Mais là, le feu de brousse, c'est pour la chasse c'est pour les touristes. [...] Avant il y avait beaucoup de phacochères à ce moment-là, les phacochères détruisaient les récoltes, ils mangeaient les arachides dans les champs. [...] Il faut les éliminer. [...] Maintenant le problème, c'est que si le buisson a un phacochère caché dedans, il faut que tu allumes le feu et quand il sort, là tu le tues. »

les feux de brousse, les bœufs n'ont plus rien à manger. Le feu de brousse de cette année il a commencé derrière Firdaossi et tout a brûlé jusqu'aux mangroves. Il y a même des chèvres et des vaches qui sont mortes. Il y a des vergers d'anacardiens qui ont complètement brûlé. Même un champ de quatre hectares. »

Un des villageois était par exemple conscient de la fragilité de certaines jeunes pousses et de la vulnérabilité de certaines espèces aux feux. « Le cailcédrat, si il y a une graine qui tombe et un arbuste qui commence à pousser, avec la sécheresse et le feu, il va mourir. »

Enfin, les feux de brousses ont, selon les enquêtés, un effet sur les ressources fourragères pouvant mener à des rétroactions positives aggravant la pression sur les ressources ligneuses. « Avec les feux de brousse, il n'y a pas de paille à manger et quand il n'y a pas la paille, on donne les feuilles des arbres. [...] Si il n'y avait pas les feux de brousses, au début de la saison comme ça, les bœufs ils pourraient travailler dur et les récoltes seraient meilleures. » Il apparaît cependant que la préoccupation concerne bien les troupeaux et surtout les cultures, mais en aucune manière le couvert ligneux lui-même.

- *Le rôle de l'émondage*

#### Observations sur l'émondage

Pendant l'observation du semis de l'arachide, à midi lors du repos, les enfants de la famille que j'accompagnais, sont montés dans un arbre au bord du champ. Le *Cola cordifolia* qui a été émondé pour nourrir les troupeaux qui labourent le champ était un arbre de très grande taille avec une très large couronne de par un port champêtre. Le nombre de branches qui avait été prélevé était assez faible et correspondait à une exploitation très légère de la biomasse aérienne de l'arbre, laquelle ne peut en rien compromettre la vie de l'arbre ou sa croissance, d'autant que les bœufs ne sont pas conduits souvent dans les champs, et que le reste de l'activité est effectuée sans leur participation.

Dans l'ensemble des zones agricoles et agroforestières de Bani, aucun arbre montrant un dépérissement lié à une surexploitation par l'émondage n'a été observé. Seuls quelques arbres, les plus proches du village, possèdent un port particulièrement dressé et haut car les branches basses sont exploitées. Ainsi l'émondage pour nourrir les animaux n'a probablement pas mené lui-même à la transformation des agroforêts en paysages agricoles peu boisés. Il joue tout au plus un faible rôle dans l'ouverture du peuplement et la diminution de la biomasse ligneuse dans les différents terroirs.

Il est donc probable que les troupeaux agissent sur la régénération des espèces arborées en forêt classée et dans les zones agricoles et agroforestières.

#### *Analyses retrospectives*

La coupe de végétation (figure 210) présente pour le terroir d'alternance mil arachide un *Cola cordifolia* entouré d'une couronne de jeunes *Azadirachta indica*, deux *Terminalia macroptera*, deux jeunes *Azadirachta indica* et un *Neocarya macrophylla*. L'agroforêt présente deux très grands arbres, un cailcédrat et un *Cola cordifolia*, ainsi que deux *Terminalia macroptera* et un *Faidherbia albida*.

À la fin des années 1980, nous avons estimé que l'agroforêt occupait une assez large bande de part et d'autre de la vallée sèche et qu'elle était assez ouverte. *Azadirachta indica* était déjà présente sous forme de jeunes plantules dans les jachères et au pied des grands arbres. À la fin des années 1970, l'agroforêt avait une surface égale à celle en 1980 selon l'image satellite, cependant, elle était probablement plus dense.

La figure 211 illustre ces terrains qui ont été partiellement défrichés et ont ainsi perdu leur caractère agroforestier. Notons que la microtopographie permettant les dépressions où ont lieu la riziculture semble s'être estompée et que le sol argileux est recouvert d'une couche sableuse. On peut alors se demander si c'est la modification des pratiques qui a mené à cette transformation du paysage ou l'inverse.



Figure 210 : Zone de dégradation agroforestière

#### Mise en évidence des processus de changement à Bani (7.2.2)

La mangrove dans la partie basse de l'estran présente, sous l'apparence d'une stabilité sur la carte des changements, une légère variabilité de ses paysages en raison des cycles sylvogénétiques et de coupes de végétation qui reproduisent assez fidèlement le processus de régénération naturelle. Les étages hauts ont connu un changement plus significatif, la tannification, qui s'est apparemment déroulée de façon assez similaire que sur l'île de Diamniadio, malgré l'absence, dans le cas de Bani, d'une action notable du pâturage sur l'arrière-mangrove. Cependant ici, la tannification reste très modeste et la situation actuelle des mangroves n'est ni meilleure ni pire que celles dans les précédentes périodes.

En terre ferme, on remarque des changements assez subtils, faits de cinématiques régressives assez régulières issues de la combinaison de plusieurs facteurs où le feu joue un rôle au moins aussi grand que l'exploitation elle-même. La forêt classée (stable) et l'agroforêt (stable en son centre avec régression aux marges) ont connu des cinématiques régressives assez lentes, avec une diminution régulière de la biomasse et quelques modifications de la biodiversité. La dynamique témoigne d'une surconsommation des maigres ressources ligneuses de la terre ferme dont résulte une dégradation, qu'on se place dans une optique économique ou écologique.



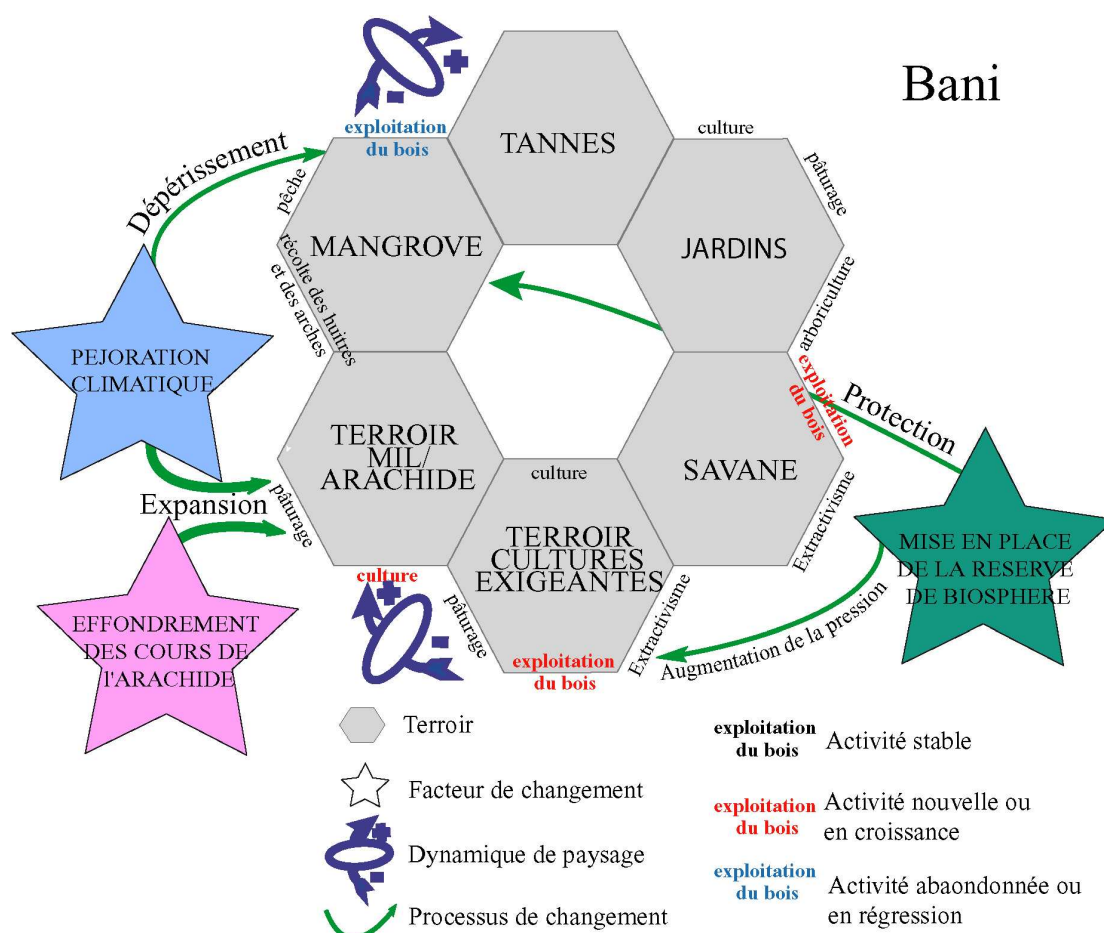


Figure 211 : Évolutions du finage de Bani

### Bani (7.2)

Le village de Bani est situé en marge du bassin arachidier, dans une zone où Pélissier (1966) prévoyait un défrichement des forêts pour l'arachide que Tappan *et al.* (2004) ont cartographié. Or, ce qui est apparu est un système plus complexe que celui résultant d'une dichotomie entre les zones agricoles déboisées et les savanes (figure 212). Les paysages de Bani ne sont, en quelque sorte, qu'une série de situations intermédiaires entre l'agricole et le forestier avec des espaces plus ou moins densément boisés, ou plus exactement, plus ou moins déboisés. Or ces déboisements en cours mènent dans tous les cas à une diminution de la ressource et des capacités de régénération. De plus, la diversité des paysages de terre ferme semble menacée par la perte du caractère agroforestier, et un risque de perte de biodiversité ligneuse par un caractère apparemment envahissant d'*Azadirachta indica*.

La stabilité de la mangrove, si elle est satisfaisante d'un point de vue écologique, ne l'est pas forcément d'un point de vue économique, surtout si l'on pense que les modes d'exploitation, contrairement à ceux pratiqués sur la terre ferme étaient durables et le seraient probablement restés en l'absence d'une augmentation de la fréquence des feux.

En conclusion de l'analyse des processus d'évolution des paysages de Bani par l'analyse de la cinématique de la végétation, on s'aperçoit que la stabilité de la mangrove ne compense pas la dégradation des boisements de terre ferme entre la fin des années 1970 et le début des années 2000.

## 7.3. Brefet (Fogny, Western-Division, Gambie)

Le village de Brefet est dans le Fogny, à la limite du Kombo. Le village mandingue se situe à quelques kilomètres de la principale route gambienne traversant le pays dans sa longueur en rive sud, au bout d'une presqu'île entourée de deux chenaux et de vasières à mangrove. Il est donc assez isolé, sans l'être complètement. C'est l'un des villages fondateurs de la foresterie communautaire gambienne. Le village a de nombreux points commun avec Bani : l'ethnie principale est la même, les cultures sont proches, la situation comparable... Or, l'agencement et les cinématiques cartographiées aux échelles moyennes sont très différents. Contrairement au Bas-Saloum continental, le Fogny est une région majoritairement boisée au sein de laquelle les zones agricoles constituent des taches. On se demande quel est, à l'échelle fine du village, l'agencement des paysages (7.3.1). De plus, l'évolution qu'a connu cet agencement est très différente. Si la mangrove semble avoir connu une évolution assez similaire à celle de Bani, la terre ferme dans le Fogny est caractérisée, non par d'importantes superficies de déboisement, mais par une multitude de taches de régression et de progression. On examinera alors à quoi correspondent ces évolutions à l'échelle du village (7.3.2) .

### 7.3.1. Agencement des paysages à Brefet

Brefet étant localisé au centre d'une presqu'île et non au contact avec les vasières comme les deux villages précédemment étudiés, l'agencement des paysages autour de ce village reprend-il des structures comparables ? De plus, contrairement aux deux cas d'étude précédents, Brefet est un village gambien ayant donc un héritage historique national différent. Nous présenterons et décrirons les éléments des paysages des vasières (5.3.1.1) et de la terre ferme (5.3.1.2), avant de nous intéresser à leurs combinaisons répétitives pour définir les paysages du village de Brefet (5.3.1.3).

#### 7.3.1.1. Les éléments de paysage des vasières

Les rives à *Rhizophora racemosa* (figure 213) constituent généralement à Brefet une forêt de très belle venue avec des fûts très droits, des arbres très hauts et très denses, une excellente régénération du *Rhizophora sp.* sous lui-même. La figure 218c montre l'intérieur d'une formation de rive convexe. On voit de grands arbres assez espacés. En leur sein, on retrouve une très grande quantité de jeunes plantules. La figure 218a montre l'extérieur d'une rive concave avec des arbres assez modestes et irréguliers.

Les étages moyens sont occupés par des formations à *Rhizophora mangle* (figure 213) sensiblement identiques à celles de Bani. Au deuxième plan de la figure 218c, on devine une formation à *Rhizophora mangle* extrêmement régulière, haute de 3,5 mètres à 4,5 mètres, constituée d'arbres à l'aspect assez frêle, probablement assez jeunes, et dans des conditions assez peu favorables, assez similaires, qu'il s'agisse du moyen estran en rive convexe ou en rive concave.

Les arrière-mangroves sont ici plus denses qu'à Bani et si la hauteur des arbustes et buissons reste modérée, les marques de dépérissement se font nettement plus rares si ce n'est absentes. Autre nuance avec les arrière-mangroves du Saloum, *Avicennia africana* y est plus souvent dominante. La figure 218b montre une formation à *Avicennia africana* buissonnant continue (figure 213).

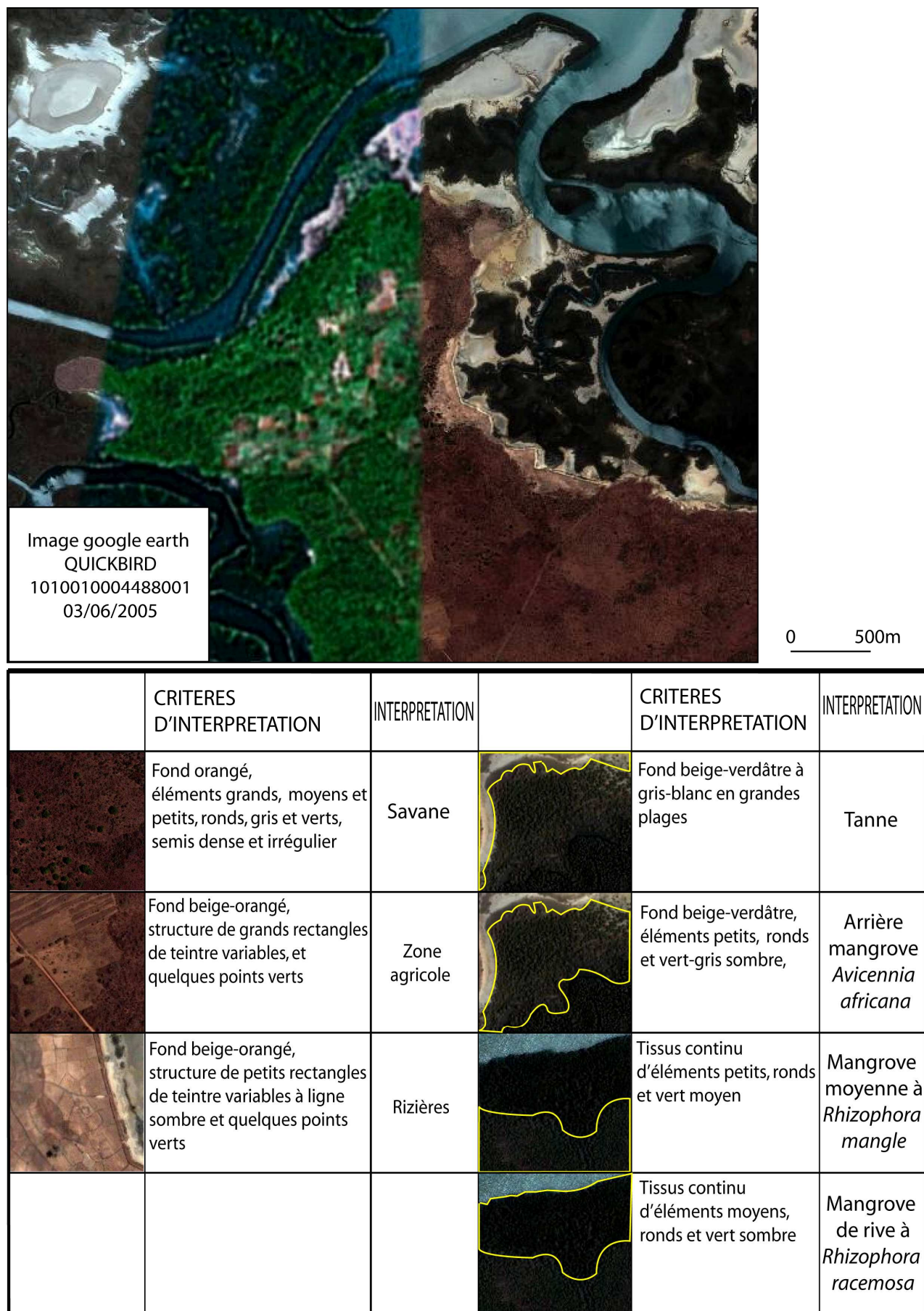


Figure 212 : Reconnaissance des éléments de paysage du finage de Brefet



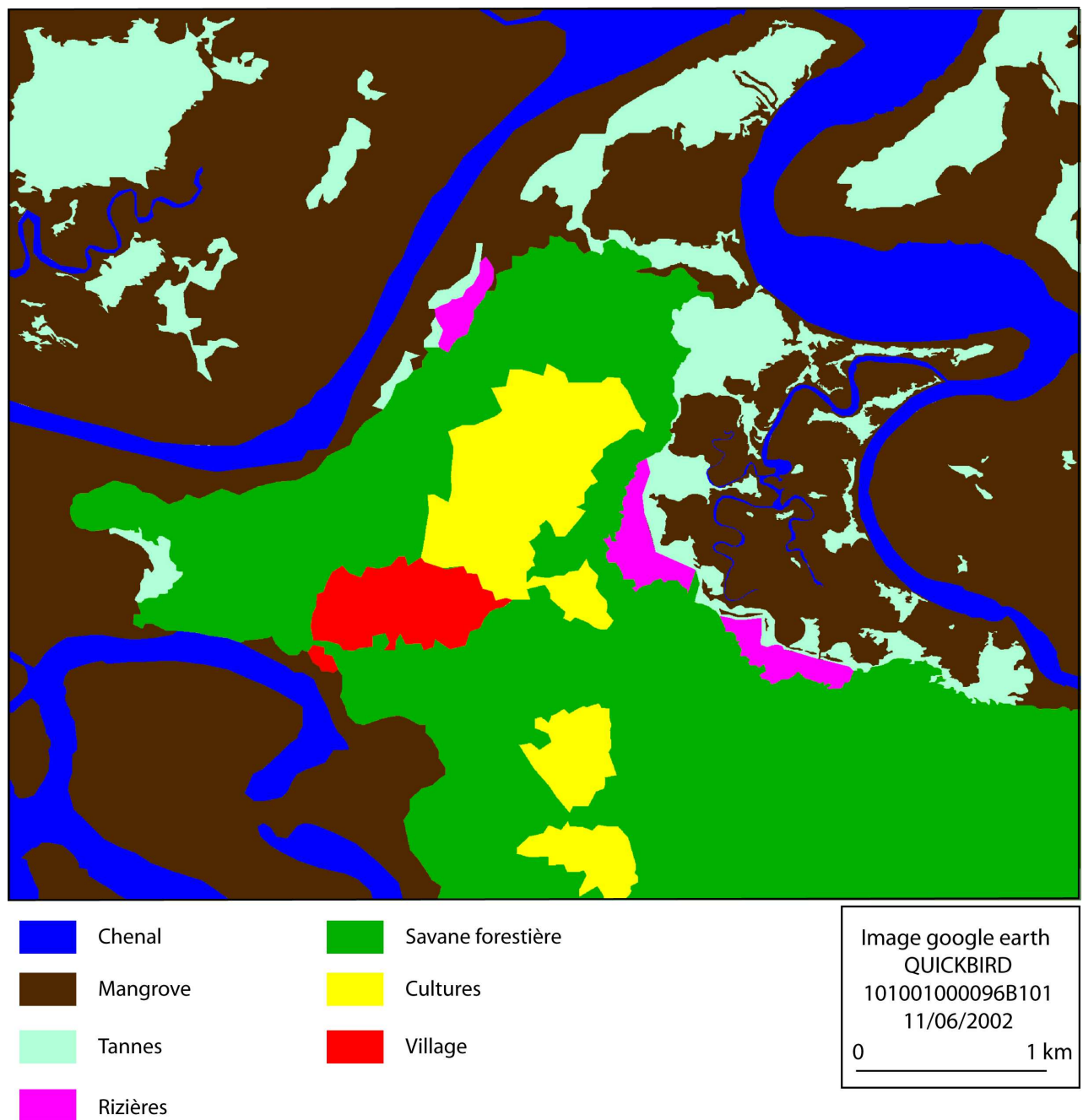


Figure 213 : Zonage des éléments de paysage, finage de Brefet





A : Rizières  
B : Parcelle sur terroir sableux, alternance mil-arachide  
C : Jardin villageois, maraîchage complanté.

**Figure 214 : Les zones agricoles à Brevet**





A : Savane forestière : peuplement dense de jeunes arbres  
B : Savane forestière : forte régénération pour nombreuses espèces  
C : Savane forestière : arbres de très belle venue

**Figure 215 : Les savanes à Brefet**





A : Friche, bosquet à *Borassus flabellifer*

B : Friche, bosquet à *Terminalia macroptera*

**Figure 216 : Les friches à Brefet**





Figure 217 : Les vasières à Brefet





A : Transition non aménagée sur pente faible : végétation hydrophile à *Phoenix reclinata*  
B : Transition aménagée en rizière  
C : Transition non aménagée avec talus et contact direct de la mangrove et de la savane.

**Figure 218 : Les transitions entre vasières et terre ferme à Brefet**



### 7.3.1.2. Les éléments de paysage de terre ferme

Le village et les jardins, dans ou autour du village, constituent un espace agricole structuré par les clôtures géométriques des jardins, assez densément ponctué d'arbres fruitiers : citronniers, orangers et manguiers. Sur la figure 215c, on voit que la clôture est faite d'un grillage doublé d'une rangée d'*Agave sisalana*. On voit ensuite le jardin et ses monticules pour la culture du manioc.

Les zones de cultures de Brefet sont assez faiblement ponctuées d'arbres autour et au sein des champs. Les arbres servent, ici aussi, à fertiliser les champs et à offrir de l'ombre aux ouvriers agricoles et aux bêtes. Sur la figure 215b, on remarque les sillons et la présence déjà importante d'adventices arbustives, qui sont essentiellement des rejets de *Dichrostachys cinerea*. On remarque également un arbre au milieu du champ. À la limite entre le champ et la forêt, on retrouve une clôture faite des branches mortes des arbustes défrichés pour la mise en culture. Au dernier plan, on aperçoit la savane de la presqu'île de Brefet. On voit très bien la stratification entre les très grands *Khaya senegalensis* visibles sur l'image satellite (figure 213) et les autres arbres qui constituent un couvert dense et régulier de hauteur plus modeste. On voit la parcelle agricole au centre de la coupe avec ses adventices et un *Daniellia olivieri* en son centre.

On retrouve des friches qui méritent d'être présentées comme éléments de paysage. La végétation des friches varie en fonction de leur âge. La friche illustrée par la figure 218 date de 13 ans. On y retrouve un certain nombre de jeunes rôniers (*Borassus aethiopium*, subsp. *flabellifer*) (figure 218a), quelques jeunes arbres de *Terminalia macroptera* en bosquets (figure 218b). *Piliostigma thoningii* ainsi qu'un assez grand nombre de jeunes arbustes de *Guiera senegalensis*, *Dichrostachys cinerea*, *Annona senegalensis* constituent un semis plus étalé.

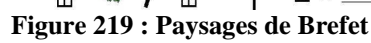
Les boisements de terre ferme de Brefet, à l'exception d'une palmeraie de petite superficie sont constitués de savanes denses et de savanes forestières. On distingue (figure 213) de très grands arbres, les cailcédrats ; les autres arbres de taille moins majestueuse n'en couvrant pas moins d'importantes superficies. Les boisements sont constitués de savane forestière dans leur grande majorité et de très belle venue dans l'ensemble. Premièrement, on remarque que les arbres sont très hauts et aux fûts assez droits (figure 216a). Deuxièmement, la figure 216b est une futaie de *Pterocarpus erinaceus*, arbre à très haute valeur économique par la qualité de son bois pour l'ébénisterie et la menuiserie. Troisièmement, on remarque que les strates arbustives sont nombreuses, faites de nombreuses espèces, ce qui témoigne d'une bonne régénération du couvert forestier (figure 216c).

On retrouve ensuite un nouvel élément : la végétation ouverte à *Phoenix reclinata* et *Mitragyna inermis*. On peut distinguer deux strates très différentes : la strate basse qui est constituée de petits bosquets bas de *Phoenix reclinata* ou de *Annona senegalensis* et la strate haute qui est constituée de palmiers (*Elæis guineensis* et *Borassus aethiopium*, subsp. *flabellifer*).

Les rizières (figure 219a) sont un espace très peu boisé au contact avec la végétation précédemment décrite. Elles sont limitées côté vasière par une digue importante rectiligne et subdivisée en casiers séparés par des diguettes. Il arrive que la digue ne soit pas localisée au niveau de la limite de la mangrove mais au sein de la végétation de transition qui se poursuit en bas de la digue. Les rizières organisées en casiers sont ponctuées de quelques grands arbres épargnés lors du défrichement de la végétation hydrophile de transition que l'on observe dans les secteurs non aménagés et de part et d'autre des rizières. La riziculture pratiquée ici est celle sur rizière plane labourée et non sur sillons.

### 7.3.1.3. Les paysages de Brefet

Le territoire de Brefet est organisé en auréoles assez nettement concentriques (figure 214). En son centre, on trouve le village. Autour du village, avec une plus grande extension vers le nord-est, on trouve les zones agricoles.



Il s'agit de parcelles de culture extensive qui ne diffèrent que peu de celles du territoire de Bani (figure 220). Dans certains secteurs, notamment à la limite de la grande zone agricole et de la savane qui l'entoure, on retrouve des friches. Le reste de la presqu'île de Brefet est couvert de savane, jusqu'à la limite des vasières. La ceinture de savane est cependant ponctuée de quelques parcelles agricoles, distinctes de la ceinture de cultures attenantes au village. On retrouve ensuite dans l'ordre des cercles concentriques la limite des vasières qui peut prendre deux formes. Quand elle est aménagée, on retrouve des rizières. Lorsqu'elle n'est pas aménagée, on retrouve la végétation de transition entre la terre ferme et la vasière.

Quatre types de paysages se différencient à Brefet (figure 220). Dans la famille des paysages de vasières on retrouve, à l'instar de Bani, les paysages de rives convexes et de segments rectilignes d'une part et ceux de rives concaves d'autre part. En rive convexe, on retrouve l'ensemble des éléments décrits ci-dessus. En rive concave, la zonation débute avec une formation à *Rhizophora mangle*, bas et frêles qui laisse place immédiatement à la formation d'arrière-mangrove mixte. En terre ferme, on distinguera deux types de paysages liés à la topographie : un paysage des terres basses composé de végétation hydro-halophile et des rizières, et un autre composé de savane et de cultures.

### Agencement des paysages à Brefet (7.3.1)

Les paysages du village de Brefet sont structurés en cercles concentriques discontinus. Le village, au centre de la presqu'île, est entouré de ses jardins clôturés où sont effectués le maraîchage et l'arboriculture. En s'éloignant du village, on trouve les zones de culture, très peu boisées. Ensuite on trouve une grande matrice de savane forestière d'assez belle venue. Enfin, au contact entre la terre ferme et les vasières, on trouve les rizières ou bien une formation hydro-halophile ouverte, puis les tannes et enfin la mangrove.

Contrairement à Diamniadio qui montrait de très faibles superficies dédiées à la culture et des ressources en bois apparemment insuffisantes, et à Bani qui montrait d'immenses espaces cultivés mais des ressources en bois très faibles, à l'exception de celles quasiment inaccessibles, Brefet apparaît comme un finage équilibré, avec une proportion de zones cultivées assez importante et une très grande superficie boisée.

Les paysages agricoles montrent une grande diversité avec leurs jardins, leurs champs, leurs rizières, et sont disposés de telle manière que la continuité forestière tout autour de la presqu'île est maintenue. Les paysages forestiers de terre ferme sont assez peu variés, la savane occupant l'essentiel avec une ou deux taches de palmeraie en son sein, et ne variant que peu dans sa physionomie. La mangrove s'étend sur d'importantes superficies et semble de très belle venue, avec à la fois des formations très hautes et très denses et des formations basses pour assurer une diversité maximale des habitats.

### 7.3.2. Évolution des pratiques à Brefet

Quelles activités s'insèrent dans les trois types de paysages constituant le finage de Brefet : dans les mangroves et les rizières, la forêt communautaire et la mosaïque des terroirs agricoles (7.3.2.1) ? Quelles évolutions des pratiques sont à l'origine des changements des paysages ou sont provoquées par ces changements : l'extension des rizières, le déplacement des zones de culture de terre ferme et la stabilité de la mangrove (7.3.2.2) ?



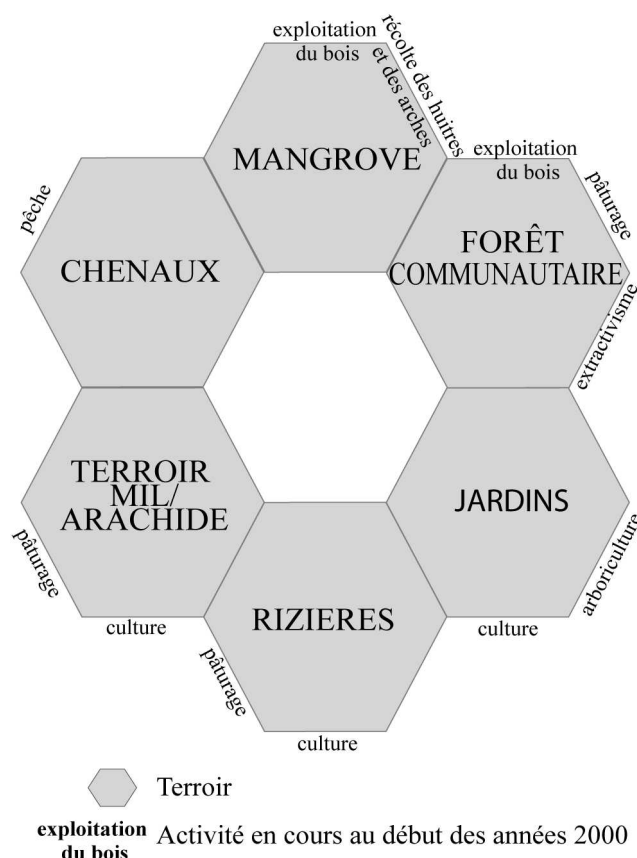


Figure 220 : Le finage de Brefet

### 7.3.2.1. Portrait des activités de Brefet

Le finage de Brefet a pour principales activités les deux types de culture et la foresterie (figure 221). La pêche, la récolte des huîtres et la récolte du bois de mangrove sont assez peu fréquentes. Plus précisément, elles sont le fait d'une ou deux familles qui se sont spécialisées dans ces métiers. Par ailleurs, les deux types de terroirs agricoles sont répartis en fonction des genres.

**Cultures (mil et arachide).** Les hommes sont dépositaires des terroirs des cultures sèches, tant le terroir des jardins que le terroir de l'alternance du mil et de l'arachide. La gestion des jardins est continue sur l'année, avec quelques cultures de contre-saison et la gestion des arbres fruitiers. En revanche, la gestion des cultures sèches occupe peu de temps, depuis la fin de la saison sèche jusqu'à la fin de la saison des pluies.

**Riziculture.** Les femmes sont responsables des rizières. Bien que le riz ne soit pas repiqué, le terroir des rizières occupe beaucoup de temps depuis le défrichement, le labour avant la saison des pluies jusqu'à la récolte en janvier. Cette activité féminine est considérée comme florissante dans le village, et sa participation à l'économie du village est importante.

**Foresterie en terre ferme.** La savane de Brefet est le lieu d'un ensemble de pratiques cohérent, qui nécessite la présentation du projet de foresterie communautaire.

### Présentation de la forêt communautaire

Le statut de forêt communautaire implique, le statut d'espace public commun, attribué aux terres et à l'ensemble des ressources qui y sont liées, ainsi que la création d'une finance villageoise (compte en banque communautaire). Il implique la mise en place de deux comités : un comité de gestion et un comité de surveillance.

Le comité de gestion, constitué de quelques villageois (anciens et notables), décide des autorisations d'exploitation du bois et de la chasse. Il débat des quantités qui peuvent être exploitées et des espèces à exploiter.

Le comité de surveillance est constitué de quelques villageois (jeunes hommes) pour la surveillance du respect des décisions du premier comité ainsi que l'application des mesures de gestion.

Un tel statut implique en effet, un certain nombre d'actions de gestion des forêts :

- lutte contre les feux de brousse,
- surveillance des troupeaux,
- élimination des espèces invasives (*Azadirachta indica*),
- gestion de la palmeraie (élimination des autres espèces arborées, pour favoriser les palmiers),
- gestion d'une pépinière pour les espèces les plus intéressantes qui ne se régénèreraient pas ou mal sans l'intervention humaines,
- projets d'extractivisme (fruits, miel sauvage) et d'activités forestières annexes (apiculture).

Ce projet est exceptionnel en de nombreux points. Premièrement, il s'agit d'intégrer la forêt comme élément du finage constituant un réel apport économique et nécessitant une gestion. Ce qui est étranger aux autres systèmes villageois soudanais.

Deuxièmement, il s'agit de la mise en place d'un système d'autogestion durable de la forêt qui n'est lié à aucune intervention extérieure (ONG, projet international, projet gouvernemental gambien). Alors que ces projets exogènes sont légions dans les régions alentour (delta du Saloum, Casamance) et que leurs résultats sont plutôt mitigés du point de vue de la gestion forestière, ce projet semble une très grande réussite. Chaque finage villageois s'est donc doté d'un terroir forestier qui lui appartient et dont la ressource est gérée collectivement et dont les retombées sont communautaires. La réussite de ce projet se concrétise à Brefet par la construction d'un campement écotouristique et l'éclairage des rues du village, autant que par l'enthousiasme des villageois pour l'intérêt des activités forestières. Ainsi les terres en friches ne sont plus perçues comme d'anciens champs mais comme de futures forêts. Le comité de surveillance est aussi chargé d'éviter l'invasion d'*Azadirachta indica*. « Le neem on n'en veut pas ici, on les tue, si on en voit un, n'importe où, on le coupe. » L'espèce est en effet ici considérée ici comme invasive « dans les années 1980, à Banjul, la capitale, notre président en a planté le long des routes pour faire de l'ombre. Mais depuis ils avancent dans la brousse. [...] Ils sont rapides pour conquérir la place. À cause des graines les oiseaux aiment beaucoup des graines et les font tomber un peu partout ; ils les font tomber loin dans la forêt. Après ils poussent mais nous on les élimine, sinon en cinq ans ils vont conquérir toute la zone. » Elle est par ailleurs considérée comme néfaste pour la ressource forestière. « Au sein de cette zone, tous les autres arbres vont mourir. C'est comme un poison car les racines sont très amères. Le goût est vraiment amer et ça tue les autres plantes, mêmes certaines herbes. Le neem détruit les sols aussi, là où le neem pousse, il n'y aura rien de bon qui pourra pousser. »

Par ailleurs, un certain nombre de villageois montrent de la foi dans le projet et énoncent un investissement personnel. « Aujourd'hui, si on voit quelqu'un couper un arbre sain dans la forêt, on va aller le dénoncer aux autorités. »

La gestion de la forêt classée inclut également la régulation de la chasse. « Avant la chasse et la pêche étaient très importantes. Mais quand la forêt communautaire a commencé, la chasse a été interdite car dans la forêt ce n'est pas seulement aux arbres, que l'on fait attention, mais aux animaux aussi. » Bien que l'interdiction ne soit pas totalement respectée. « Mais certains continuent de chasser. On va chercher de la viande de brousse. Mais on se cache des autorités. »

Troisièmement, ce projet est le début d'une cascade de projets de développement durable par la foresterie. En effet, Brefet a pu financer, grâce à la foresterie communautaire, outre l'éclairage des rues, la construction d'un campement éco touristique, qui, lui aussi, est géré de

façon communautaire et dont les bénéfices rentreront eux aussi dans les finances de la communauté.

**Parcours.** Les troupeaux sont gérés dans l'ensemble selon le même principe : libres en saison sèche (sauf en forêt communautaire) surveillés en saison des cultures : « On a des troupeaux de vaches et de chèvres ici, on garde les troupeaux de façon différente selon les saisons. À la saison sèche, durant la journée on les lâche et on les laisse libre de chercher de la nourriture. On va les chercher pour les ramener avant la nuit vers six heures et demie, on les rentre et on les attache ensemble, pas dans le village. On les traite, on prend le lait le matin et on les traite encore, puis on les laisse partir. À la saison des pluies, il faut les surveiller car il y a les cultures qui commencent. Il y a le mil et l'arachide qui poussent. On les surveille jusqu'à la fin des récoltes. D'août à décembre, cinq mois. À la fin de ces cinq mois, nos champs de mil et de riz vont être récoltés. Pendant ce temps, les peuls vont surveiller les troupeaux toute la journée. Si un de tes bœufs quitte le troupeau et part dans mon champ, je vais prendre le bœuf et l'amener au chef du village. Et c'est le chef du village qui va venir te voir et tu vas payer une certaine somme. » Le troupeau est encadré en saison des pluies pour éviter les dommages aux cultures. Pour cela, durant la phase des cultures, le troupeau est soit parqué dans des jachères pour l'enrichissement des terres, soit guidé en savane, hors de la forêt communautaire.

**Exploitation du bois de mangrove.** L'exploitation du bois de mangrove à Brefet est effectuée par deux bûcherons professionnels. « On a deux bûcherons qui coupent la mangrove et qui vont vendre à Banjul. [...] Deux, on le sait ici, les autres gens soit ils n'ont pas de pirogue, soit ils ont d'autres métiers : la pêche, les cultures, les troupeaux... et il y a deux personnes ici à Brefet qui vivent du bois de mangrove. » L'enquêté étant un membre du comité de gestion de la forêt communautaire (qui ne concerne en rien la forêt de mangrove), il a précisé qu'« en Gambie, dans la tradition c'est le chef du village qui donne l'autorisation pour couper la mangrove. Les gens disent, je ne sais pas si c'est vrai qu'il ne faut pas couper la mangrove, que si on coupe la mangrove il n'y aura plus de poisson et que la mer elle va avancer dans les rizières. Alors comme on a une bonne forêt les gens ne demandent pas au chef du village l'autorisation de couper des arbres dans la mangrove. » Ce qui a été confirmé au fur et à mesure de l'enquête. Concernant les deux bûcherons, on a pu apprendre que « toute l'année ils vont dans la mangrove, ils coupent des arbres et ils partent en pirogue jusqu'à Banjul pour vendre les grandes branches. »

#### Examen des sites de d'exploitation

L'examen des sites de coupes a permis de mettre en évidence des pratiques forestières différentes de celles du Saloum. Un chemin est pratiqué en coupant quelques arbres et le plus souvent des branches basses et racines échasses, depuis le chenal vers la fin de l'étage des rhizophoras. Dans les forêts gambiennes de très belle venue où les arbres sont très grands et où les troncs souvent épais et tortueux, les perches assez fines et très droites, qui correspondent à ce que la mangrove offre de plus intéressant économiquement, se trouvent assez haut sur l'estran. Une fois atteint l'étage recherché où les arbres sont tous assez droits et fins, les bûcherons de Brefet pratiquent une coupe à blanc où ils laissent au mieux un ou deux semenciers. Les arbres sont coupés, ici aussi au départ des racines échasses et ne peuvent rejeter de souche.

La régénération de ces coupes d'assez grandes superficies (100 m<sup>2</sup> à 400 m<sup>2</sup>) est donc assez lente. Elle s'effectue par le biais de lisières progressives depuis les palétuviers qui bordent la coupe. Cependant, l'essentiel des coupes montrait une régénération en cours et à terme ces coupes seront toutes reboisées.

**Pêche.** La pêche en pirogue, à l'instar de l'exploitation du bois de mangrove, n'est le fait que de quelques familles possédant une pirogue et en ayant fait un commerce à temps plein. La récolte des huîtres, réservée aux femmes, n'est effectuée que durant quelques campagnes collectives durant la saison des pluies dans les chenaux alentours.



### 7.3.2.2. Évolution du système rural

À Brefet, au début des années 1960, la dichotomie des terroirs agricoles existait déjà. L'exploitation du bois était répartie entre la mangrove et la terre ferme et était peu contrôlée. L'exploitation était le fait de projets individuels, sans contrôle ni concertation, et les ressources étaient exploitées par des charbonniers migrants. « Avant, les Peuls venaient pour couper les arbres pour le bois de construction et le bois de chauffe. La brousse n'était pas contrôlée. Tout le monde venait couper des arbres. » La même idée sera exprimée par un autre enquêté durant l'enquête *in situ* en forêt. « Avant il y avait beaucoup d'étrangers, des gens du Sénégal et surtout des Peuls de Guinée et du Mali, ils venaient pour des travaux saisonniers. Ils venaient, ils coupaient les arbres, exploitaient les forêts pour leurs bénéfices, coupaient les arbres en bois de chauffe, partaient le vendre à Banjul et partaient avec l'argent. Ça c'est fini maintenant. » Les feux de brousse étaient annuels.

#### *Évolution des lieux de cultures*

Face à la sécheresse de la fin des années 1960 et à l'effondrement des cours de l'arachide au milieu des années 1970, le choix qui a été fait ici fut l'abandon d'une partie des terres vouées à ces cultures pour d'autres activités : maraîchage, foresterie, artisanat, migration... Les friches se sont dès lors développées. Les apports de la fumure se sont ainsi concentrés sur des parcelles moins nombreuses, ce qui a conduit à une légère intensification des modes de culture. On a cependant observé deux parcelles de défrichement récent sur sols sableux pour la culture de l'arachide, de part et d'autre de la route, à mi-chemin entre le village et le village de Bessey où l'on rejoint la Transgambienne, qui sont le fait d'une famille particulièrement aisée ayant investi dans de nouveaux champs.

Par un phénomène de compensation, la main d'œuvre féminine pour les rizières s'est renforcée et les rendements et les superficies cultivées ont augmenté, notamment après construction d'une grande digue pour mieux protéger les rizières de l'intrusion de l'eau salée. Ainsi, dans les secteurs de plus haute topographie et de sols sableux, la tendance est à l'enfrichement, alors que les secteurs de basse topographie tels les zones humides au contact avec les vasières ont été plus amplement défrichées ces deux dernières décennies.

#### *Nouvelle gestion forestière*

En réponse à un projet d'origine gouvernemental, mais ayant très vite acquis son indépendance, le projet de gestion forestière a, dans le Kombo et le Fogny, pris la forme d'une gestion communautaire. Ainsi, dans le village de Kafuta est née l'idée, à la fin des années 1990 de mettre en place un système de gestion des ressources forestières « La forêt communautaire a commencé il y a 13 ans ». Les villageois de Kafuta ont décidé ensemble d'accorder à une partie des espaces boisés un statut de forêt communautaire (Community forest). Ils l'ont progressivement proposé aux villages du Kombo et du Fogny qui l'ont adopté avec des surfaces de forêt communautaires plus ou moins grandes et un engagement dans la gestion plus ou moins grand et efficace. Brefet est l'un des premiers villages à avoir adopté ce système d'autogestion et l'un de ceux qui l'a adopté avec le plus de rigueur et les résultats les plus encourageants. Les activités forestières en pleine expansion, avec le développement d'activités annexes, extractivisme ou apiculture, risquent de s'étendre et pourraient probablement dans un avenir proche englober notamment la gestion de la mangrove. Le village s'est équipé d'une scierie pour tailler en planches les plus beaux fûts qui sont ensuite vendus au village, rentabilisant au maximum les apports financiers de l'exploitation forestière.

La nouvelle gestion a mené à l'arrêt des feux de brousse « Il y avait des feux rampants tous les ans [...]. Depuis ces treize années, aucun feu n'est entré dans la forêt. C'est un bon exemple pour prouver l'efficacité de la forêt communautaire. » Elle a induit une surveillance accrue du troupeau. Cette interruption est liée à l'implication des villageois dans cette prudence pour éviter les feux « Moi-même, si je vois quelqu'un mettre le feu à la forêt, même si il est de la communauté, je vais aller le dénoncer. Et les autorités vont te chercher. » Or, ici aussi, les feux sont considérés comme responsables de la non régénération de certaines espèces. « A cause des feux de brousse, il n'y a pas de remplacement des vieux arbres, les graines qui tombent sont supposées germer, mais quand le feu les brûle toutes, rien ne peut les remplacer. Mais ici cela fait treize ans que l'on n'a pas eu de feu de brousse. Dans la forêt, il y a de jeunes arbres, beaucoup de jeunes arbres. » Ainsi la surveillance des feux et une plus grande prudence qui ont mené à leur arrêt depuis treize ans, ont selon les habitants de Brefet grandement porté leurs fruits. En

effet, le changement observé en forêt est celui d'une importante strate de jeunes arbres estimés à une dizaine d'années, le contrôle de l'exploitation des grands arbres pour la construction et le charbon n'entrant probablement qu'en faible part pour expliquer ce changement du peuplement végétal. De la même façon que l'on a émis, puis confirmé, l'hypothèse pour Bani que l'intensification de l'exploitation n'explique la cinématique régressive que si on la relie aux feux de brousse, on émet ici l'hypothèse que la seule amélioration des modes d'exploitation forestières ne suffit pas à expliquer la cinématique progressive.

### Brefet (7.3.2)

Le finage de Brefet est aujourd'hui un système plus complet et plus équilibré que les deux précédents systèmes. Premièrement, les activités agricoles et forestières y occupent des proportions équivalentes. Deuxièmement, les pratiques forestières sont réglementées collectivement en terre ferme, ce qui mène à une excellente gestion forestière.

Cette situation résulte d'une évolution récente du système où la culture de l'arachide a régressé, celle du riz a progressé et où la forêt a été dotée d'un nouveau mode de gestion. Une fois encore, il s'agit de petits ajustements des différentes pratiques et non d'une transformation importante comme celle de Diamniadio. Par ailleurs, ces évolutions sont opposées à celles qu'a connu Bani.

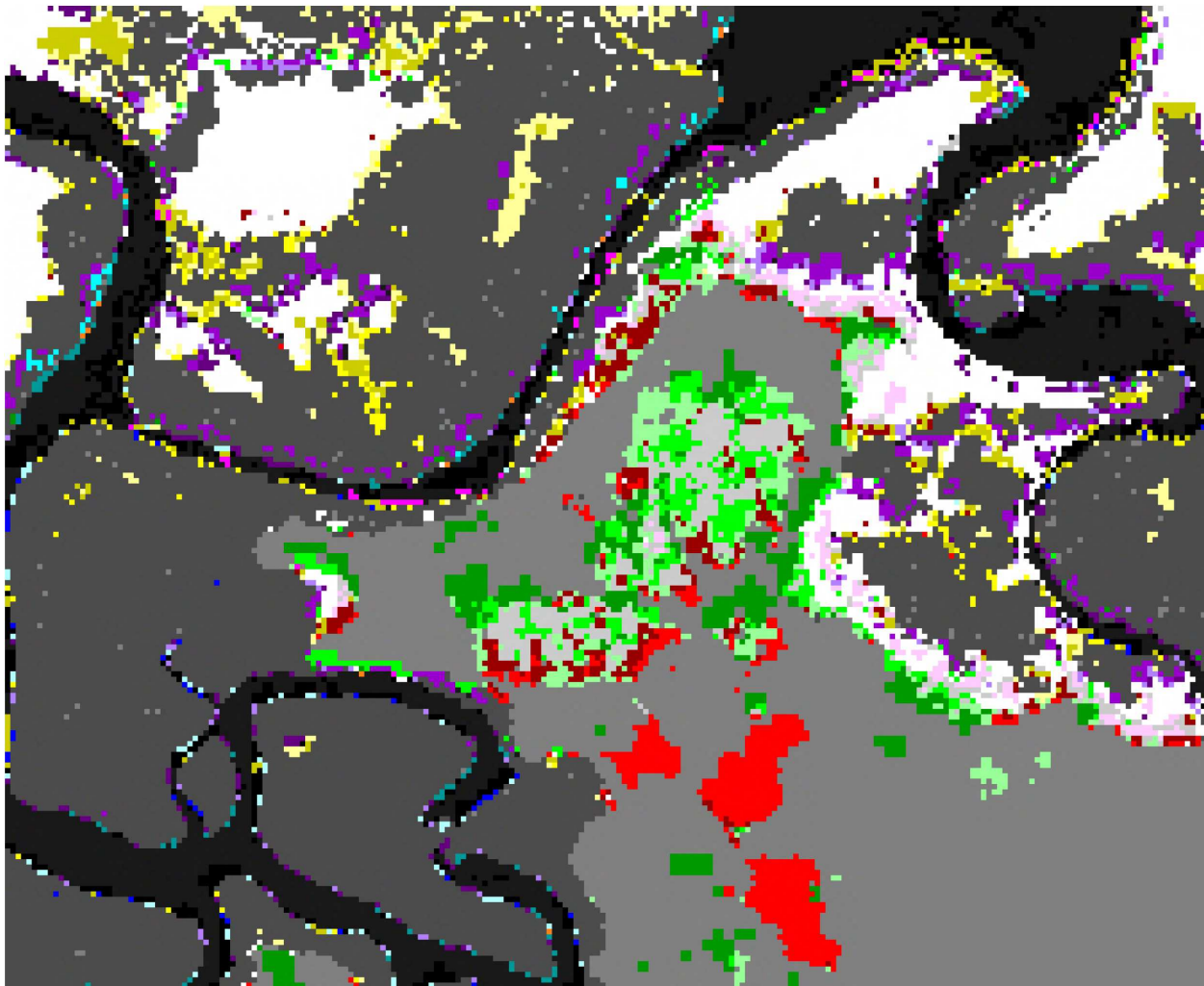
## 7.3.3. Mise en évidence des processus de changement à Brefet

Il reste à bien relier les évolutions des paysages et celles des pratiques avant de se prononcer sur les gains et pertes qu'ils représentent pour les sociétés et pour les ressources. La carte des changements de l'occupation du sol de Brefet (7.3.3.1) permet de révéler trois dynamiques des paysages : la régression et la progression de la terre ferme en taches séparées au sein de la presqu'île et la stabilité du reste de la végétation de savane et la mangrove. Or, la carte des paysages nous permet de distinguer deux types de régressions. La première, en savane, est juxtaposée aux enfrichements (7.3.3.2). La seconde est le défrichement de la végétation de transition entre les vasières et la savane (7.3.3.3). Nous réexaminerons par ailleurs la dynamique propre aux savanes qui ont été cartographiées comme stables (7.3.3.4).


























### 7.3.3.1. Changements de l'occupation du sol à Brefet

Le finage de Brefet se caractérise essentiellement par la stabilité (figure 222). Il a cependant connu un certain nombre d'évolutions. Autour du village, on observe un certain nombre de taches de progression de la végétation de terre ferme. Au sud, de part et d'autre de la piste qui relie Brefet à la Transgambienne, on observe trois grandes taches de régression récente. Au nord du village, au contact avec les vasières, on observe un linéaire de régression ancienne. Or, les analyses de télédétection et notamment leur confrontation à la réalité de terrain ont permis de voir que les parties les plus hautes de la terre ferme étaient le plus souvent en enfrichement après abandon agricole alors que les parties basses et humides proches des rizières étaient parfois défrichées pour accroître les superficies rizicoles. Durant les enquêtes, les parcelles enfrichées d'une part et défrichées d'autre part ont pu être identifiées, et pour certaines datées. La mangrove est essentiellement stable, sauf au contact avec la tanne où l'on retrouve des linéaires de quelques dizaines de mètres de progression, ou de régression.

N : 1467291.75  
E : 353498.58



N : 1462093.62  
E : 347026.91

Terre ferme	Boisements stables		Non boisé stable 		
		Récent	Ancien	Temporaire	
	Régression boisements				
	Progression boisements				
Interface Eau/mangrove	Mangroves stables		Eau stable 		
		Récent	Ancien	Temporaire	
	Régression mangroves				
	Progression mangroves				
Interface mangroves / tannes ou rizières	Tannes ou rizières stable 				
		Récent	Ancien	Temporaire	
	Régression mangroves				
	Progression mangroves				
	Eau/ mangrove/ tanne		Erreurs		

UTM zone 30  
p205/r51- 1979,1988,2000  
0 1km

Figure 221 : Carte des changements de l’occupation du sol à Brefet



### 7.3.3.2. L'accroissement des rizières

#### *Analyse paysagère*

L'analyse diachronique d'images satellites met en valeur la régression entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980 d'une bande de quelques dizaines de mètres entre la terre ferme et les vasières, à proximité d'une des deux rizières du village, celle au nord. Les figures 219b et 219c montrent la végétation hydrophile et une rizière endiguée au-delà de laquelle, telle végétation est encore présente.

#### *Analyse rétrospective*

La coupe de végétation au début des années 2000 (figure 223) nous montre une végétation de terre ferme sur le talus, dominée par *Borassus aethiopicum ssp. flabellifer*, une végétation ouverte à *Mitragyna inermis* et *Phoenix reclinata* interrompue par les rizières défrichées à l'exception de très rares arbres, dont aucun n'est situé sur la coupe.

Premièrement, aucun changement important ne semble avoir eu lieu entre la fin des années 1980 et le début des années 2000 selon la carte des changements, ni selon le terrain. La structure du peuplement montre une évolution normale, aucun indice de changement récent n'ayant été relevé (souche, végétaux incendiés...).

Deuxièmement, à la fin des années 1970, la végétation s'étendait d'une trentaine de mètres de plus sur la coupe selon la carte des changements. Il est possible, bien que le terrain ne nous offre aucun indice de la localisation des individus ayant disparus, de reconstituer une végétation de même densité (et de disposition aléatoire) et de même composition floristique sur une trentaine de mètres. On applique également les transformations schématisant l'évolution normale du peuplement végétal entre ces deux dates.

La figure 219a illustre le type de paysages de la végétation de transition qui a été défrichée pour la riziculture. On y voit son espèce dominante, *Phoenix reclinata*, qui n'est présent que dans ce milieu précis et pourrait connaître d'importantes modifications de la répartition si ce type de défrichement, aujourd'hui encore très peu important, venait à se généraliser. La figure 219b illustre le type de paysage qui résulte de l'endiguement pour les rizières et la figure 219c un cas particulier de transition abrupte entre vasière et terre ferme par une topographie marquée.

### 7.3.3.3. Restructuration du terroir agricole de terre ferme

#### *Analyse paysagère*

Deux types de dynamiques opposées concernent la ceinture agricole de Brefet. D'une part, on observe en périphérie de la ceinture *stricto-sensu* une progression de la végétation. Les jachères (figure 224) se trouvent entre la forêt communautaire au nord et les principales zones de culture. D'autre part, un défrichement récent (figure 217b) peut s'observer au sud du village le long de la route.

#### *Résultats d'enquête*

Le défrichement agricole est lié à une famille du village qui se trouve être à la fois riche et puissante. Un jeune membre de cette famille a demandé l'autorisation au maître des terres de défricher deux parcelles de savane qui n'entrent pas dans le domaine de la forêt communautaire. Ces parcelles ont été choisies en forêt pour avoir des sols fertiles, leur localisation le long de la route constituant un avantage important pour les atteindre depuis le village ou depuis Bessey. Un grand arbre (*Daniellia oliveri*) a été épargné lors du défrichement « pour pouvoir se reposer à l'ombre ». L'enfrichement agricole est lié à une famille dont le fils aîné s'est engagé comme mercenaire dans diverses guerres africaines et a voyagé pendant plusieurs années. La famille manquant de main d'œuvre a laissé une des parcelles familiales en friche.

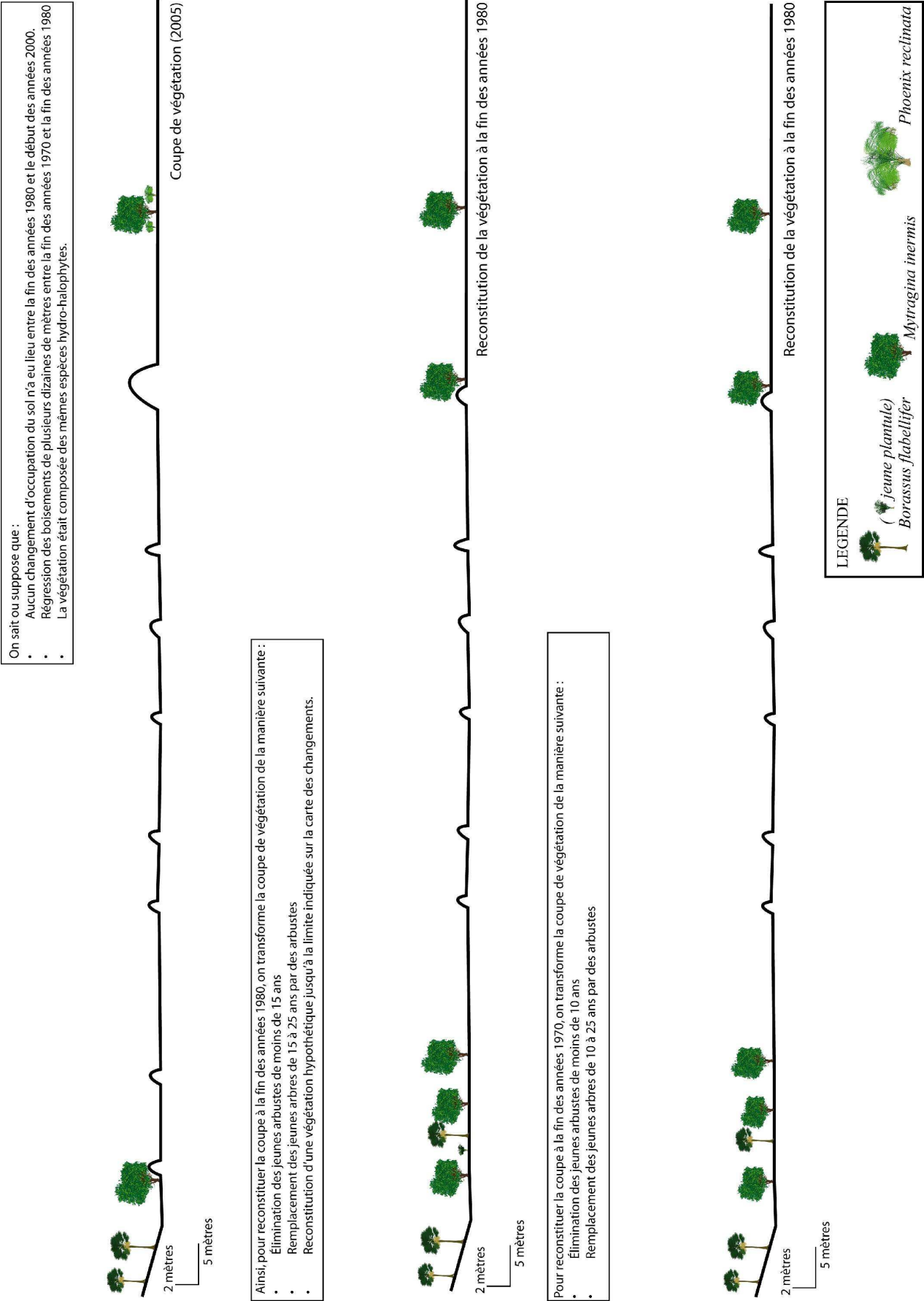


Figure 222 : Analyse rétrospective des rizières de Brefet



Figure 223 : Analyse rétrospective du défrichement et de la densification forestière à Brefet



### *Analyse rétrospective*

La coupe de végétation (figure 224) qui traverse une de ces taches montre, entre une zone agricole à l'ouest et la palmeraie à rôniers à l'est, une végétation irrégulière horizontalement et verticalement, composée de *Terminalia macroptera*, de jeunes rôniers et d'un grand nombre d'espèces de friche telles que *Guiera senegalensis*, *Dichrostachys cinerea* ou *Vitex simplicifolia* (figure 224). À la fin des années 1970, la parcelle était encore cultivée, donc dénuée de toute végétation. À la fin des années 1980, la friche, très jeune, semble donc avoir été très peu végétalisée. Seuls les premiers *Terminalia macroptera*, un *Faidherbia albida* et quelques *Guiera senegalensis* étaient présents. Entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, un certain nombre de plantes ont pris un port arboré et la friche s'est assez nettement densifiée avec par exemple le développement d'un fourré de jeunes rôniers. Tout laisse à penser que la dynamique va se poursuivre et que la parcelle va progressivement prendre l'aspect d'une savane.

Si certains espaces agricoles ont été laissés en friche, d'autres ont été défrichés à des fins agricoles. Ainsi, une coupe de végétation a été effectuée de part et d'autre d'une des parcelles récemment défrichée (figure 224), à l'exception d'un *Daniellia oliveri* en son centre (figure 215b). Une fois encore, la seule information précise quant à la végétation passée est l'imagerie satellite ancienne. On sait que le défrichement date de la période 1986 – 2000 et que la parcelle était entièrement boisée.

Il apparaît que la savane semble avoir été très stable durant la première période, où nous avons supposé quelques changements infimes. Durant la deuxième période, outre le défrichement, le paysage n'offre aucune marque de changement remarquable. Notons pour la comparaison avec la coupe suivante que celle-ci se situe au bord de la piste et donc est peut-être plus fréquemment touchée par le passage des troupeaux et les prélèvements de bois.

Le défrichement ne constitue pas une importante transformation du terroir, économique et sociologique. Elle ne constitue pas non plus une transformation importante du paysage. En effet, la matrice de savane forestière de la presqu'île est préservée, les parcelles étant organisées en taches et non en corridors qui auraient pu provoquer une fragmentation du paysage. L'enfrichement correspond au processus inverse, en particulier au recul de l'emprise d'une famille dont la main d'œuvre est venue à manquer. Une fois encore, cet enfrichement, en créant une lisière progressive entre la palmeraie et la zone des cultures, ne modifie que peu le paysage.

Ces changements témoignent, en revanche, du caractère mobile et dynamique du finage villageois, qui, en fonction tant des évolutions du groupe que celles des individus qui le composent, présente une variabilité dans sa structure et sa composition en terroirs et en parcelles. Le défrichement n'est autre que le résultat de l'enrichissement d'une famille dont un membre a choisi d'accroître ses activités agricoles.

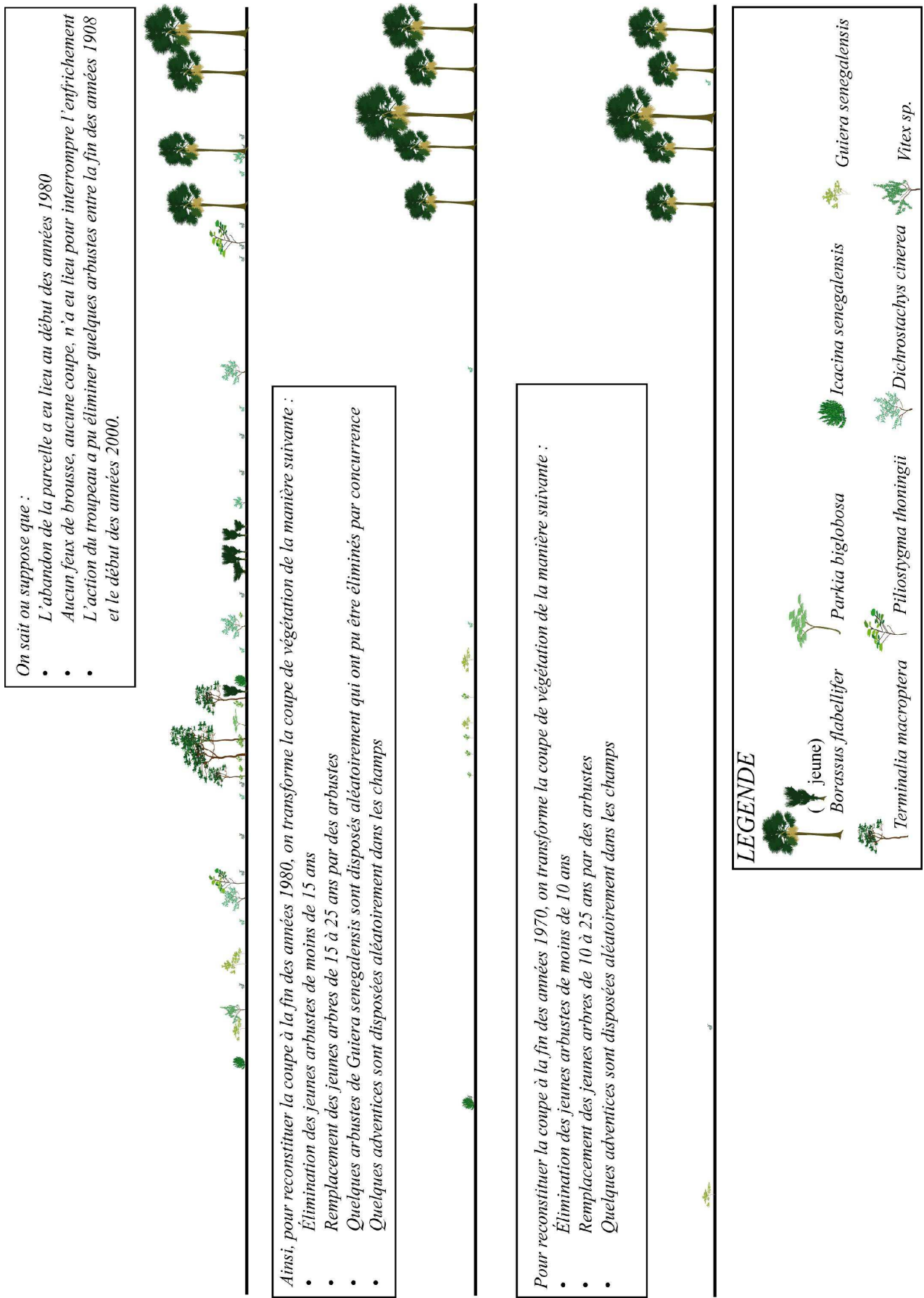
### 7.3.3.4. Densification de la forêt communautaire

#### *Analyse paysagère*

Si les dynamiques précédentes étaient indiquées par des informations issues de l'analyse d'images satellites, la coupe en savane forestière qui correspond sur l'image satellite à une stabilité totale (figure 224) a montré certains changements du couvert végétal.

#### *Résultats d'enquête*

La gestion communautaire a mené à une exploitation contrôlée : les choix portent non seulement sur les essences en assez grand effectif et montrant une capacité à se régénérer, mais également sur les individus qui sont choisis pour la qualité de leur fût, leur localisation et la possibilité d'une régénération sous eux-mêmes d'un autre arbre.



### *Analyse rétrospective*

La coupe (figure 225) présente une strate haute, composée de *Khaya senegalensis*, *Borassus flabellifer*, *Pterocarpus erinaceus*, *Daniellia olivieri*. Tous les arbres sont adultes, âgés de plusieurs dizaines d'années. La canopée, dense, est discontinue et surtout assez irrégulière en hauteur en fonction des espèces qui s'élèvent à des hauteurs différentes. On trouve une deuxième strate, composée de très jeunes arbustes et de buissons tous estimés à moins de 15 ans. Or, un certain nombre de ces arbustes sont de jeunes individus d'espèces pouvant s'élever à un port arboré. La végétation ne présente aucun individu dont l'âge soit estimé comme intermédiaire à ces deux strates d'âge. La végétation semble présenter une lacune pour la tranche d'âge de 15 à 30-40 ans. La végétation présente aujourd'hui semble donc le résultat d'une transformation assez notable de la physionomie et mérite une analyse rétrospective.

Lorsque l'on applique les transformations à la coupe pour représenter la végétation présente à la fin des années 1980, on s'aperçoit de la disparition de l'ensemble de la strate jeune sans qu'une strate intermédiaire n'apparaisse. Aucun arbre n'est donc estimé à un âge entre 15 et 30-40 ans et n'aurait été un jeune arbuste à la fin des années 1980 ou à la fin des années 1970. Le peuplement végétal des savanes forestières à proximité de Brefet semble connaître une pyramide des âges tout à fait particulière.

La strate d'âge d'1 à 15 ans, très importante, avec une répartition des classes d'âges, montre une excellente survivance de l'ensemble de ces jeunes plantules et jeunes plantes, et ce pour un grand nombre d'espèces et non pour les seules espèces non pâturées ou pyro-tolérantes. La coupe suggère donc que depuis une quinzaine d'années, la végétation n'est plus l'objet de pressions sur les jeunes strates qui avaient lieu avant et qui par ailleurs ont toujours lieu dans le Bas Saloum. Il est possible de confirmer que l'élimination des feux rampants et du surpâturage dans les savanes de la presqu'île de Brefet mènent à une régénération.

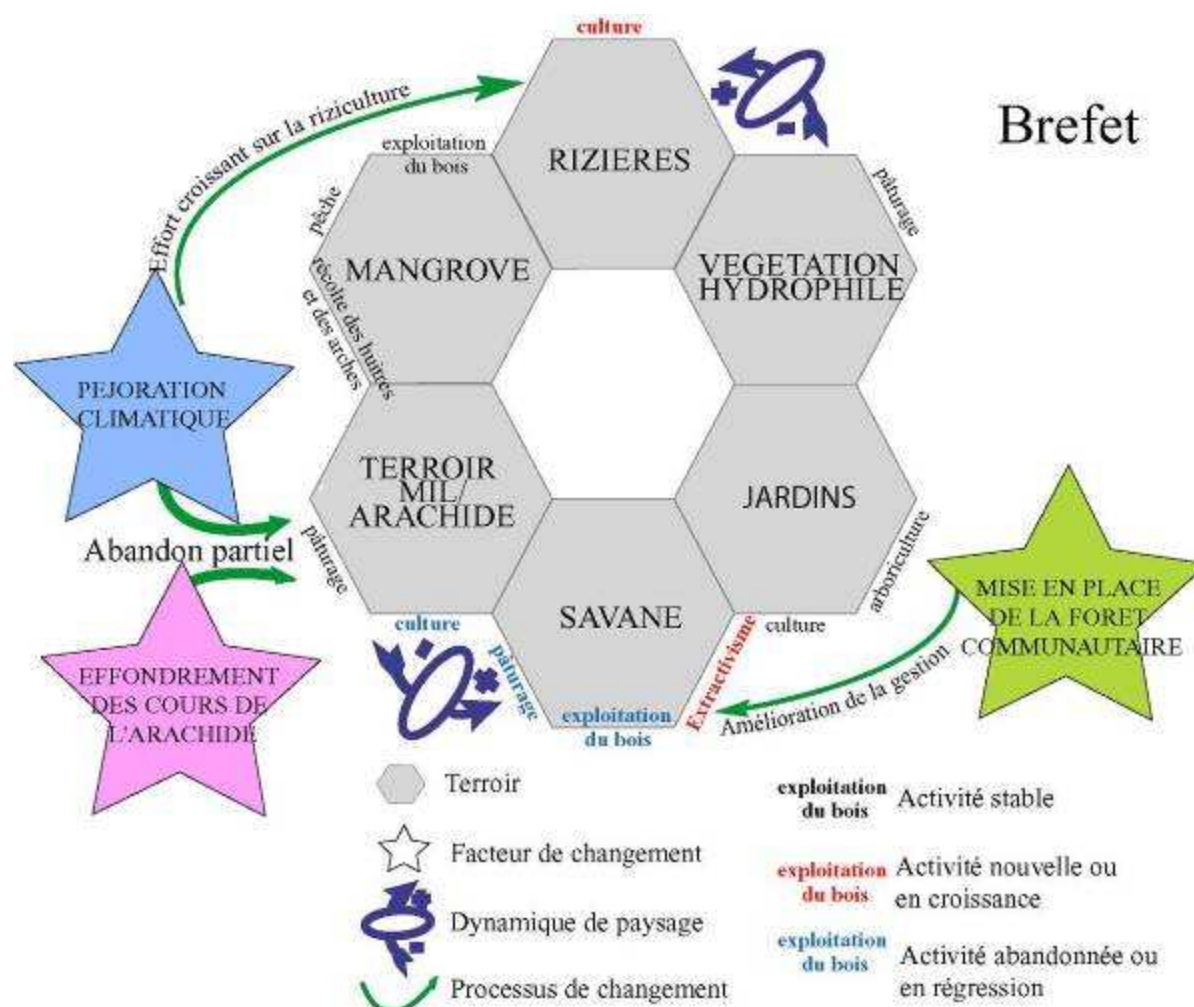
#### **Mise en évidence des processus de changement à Brefet (7.3.2)**

En conclusion de l'analyse des processus d'évolution des paysages de Brefet par l'analyse de la cinématique de la végétation, on remarque d'importants changements paysagers, résultats des petites modifications des pratiques agricoles et de la gestion forestière. Le défrichement des rizières montre que cette activité est en expansion contrairement à ce qui en est dit à propos de la Casamance et de la Guinée-Bissau. Notons cependant que cette expansion s'effectue au détriment d'une formation très peu productive en bois, siège d'aucune pratique importante et que de toute façon, celle-ci n'est en rien menacée par les faibles superficies récemment aménagées.

En outre, les ajustements (enfrichements et défrichements) du terroir des cultures pluviales se compensent, ne modifient en rien la structure des paysages et ne semblent témoigner de rien d'autre que des évolutions familiales.

Face à ces deux évolutions neutres, la forêt est sujette à une nouvelle gestion, laquelle a permis l'arrêt des feux de brousse (et du surpâturage) depuis treize ans au moment de l'analyse rétrospective. Il en a résulté une densification exceptionnelle à l'échelle des régions septentrionales des *Rivières-du-Sud* qui démontre que les processus de dynamique régressive peuvent s'inverser avec des modifications minimales des gestions forestières, surtout grâce à la limitation des feux de brousse. Cette évolution est, très clairement, une amélioration des paysages forestiers.





### Brefet (7.3)

Comment dresser un bilan des changements à Brefet (figure 226) ? D'une part, il s'agit de cumuler les évolutions neutres des paysages de la transition entre vasières et terre ferme, celles de l'interface entre le domaine agricole et le domaine forestier et celles du domaine forestier. Assez clairement, deux évolutions neutres et une évolution positive constituent un bilan positif. De plus, le tout n'est pas ici égal à la somme des parties ; la mise en place de la foresterie communautaire constitue une transformation globale des pratiques agro-sylvo-pastorales. La diminution des superficies cultivées mène à une concentration de la fumure, et les apports financiers communs de l'exploitation forestière améliorent progressivement l'économie villageoise et les perceptions des enjeux de production durable se développent toujours plus.

Ainsi, l'évolution qu'a connu le village de Brefet constitue réellement une évolution positive des paysages et du finage villageois.

## 7.4. Kamobeul (Kassa, Basse-Casamance, Sénégal)

Le village de Kamobeul est situé dans le Kassa, dans la presqu'île d'Elinkine. Le village diola est localisé de part et d'autre de la route qui va à Elinkine, sous la forme de plusieurs noyaux villageois. Kamobeul se retrouve d'une part, à proximité de mangrove dans un secteur de régression assez globalisé et, d'autre part, en situation de transition entre la cinématique régressive en terre ferme du Kassa et celle progressive du Bandial. Comment se concrétisent et s'articulent autour du territoire villageois de Kamobeul ces différentes cinématiques ? Constituent-elles à l'échelle d'un territoire villageois une dégradation des paysages ? Pour effectuer cette analyse, on se posera trois questions Quel est l'agencement des paysages au temps présent et l'état des ressources et des services écologiques qui en résultent (7.4.1) ? Quelles sont les évolutions des pratiques (7.4.2) ? Quelles sont les cinématiques de végétation de ces différentes dynamiques du paysage (7.4.3) ?

### 7.4.1. Agencement des paysages à Kamobeul

Comment se constitue le territoire villageois diola de Kamobeul du point de vue paysager ? Quels sont les principaux éléments de paysages en vasières (7.4.1.1) ? En terre ferme (7.4.1.2) ? Quelles sont leurs structures récurrentes qui peuvent permettre de définir les paysages de Kamobeul (7.4.1.3) ? Ces questions doivent avant tout servir à savoir quelles sont les caractéristiques de la structure des paysages de Kamobeul, et le contenu des différents éléments pour savoir quelles menaces peuvent éventuellement constituer les dynamiques du paysage.

#### 7.4.1.1. Éléments de paysages des vasières

Les rives à *Rhizophora racemosa*, en comparaison avec celles du Sine, du Saloum et de la Gambie, présentent en Casamance la particularité d'une grande fréquence de grands arbres sénescents ou morts sur pieds, sous lesquels on retrouve une régénération par des *Rhizophora mangle* de taille moyenne ou des *Avicennia africana* au port arbustif. La figure 230b en montre un exemple. En dehors de ce cas de figure, ils sont assez nettement comparables à ceux observés à Bani.

Si les formations riveraines, en comparaison avec celles des autres systèmes deltaïques, sont sénescents et semblent présenter les signes d'une cinématique régressive, les parties centrales de la mangrove, notamment les formations à *Avicennia africana*, sont d'assez belle venue en comparaison avec celles du delta du Saloum. Les formations à *Avicennia africana* à proximité du village de Kamobeul sont constituées de petits arbres et d'arbustes, formant une végétation continue ou sub-continue, pluri-strate.

En arrière de la mangrove, on trouve les tannes ou les rizières selon si le site a été aménagé ou non. Les tannes de Casamance sont assez importants et très fréquemment couverts de souches d'*Avicennia africana* (figure 230a).

Les rizières aménagées dans les vasières à mangrove sont faiblement boisées (figure 227). Les rizières sont limitées au Sud par une grande digue rectiligne et divisées en casiers par des diguettes. Au sein des rizières, on trouve quelques arbres fertilisants (*Parkia biglobosa* et *Faidherbia albida*) et quelques palmiers (*Elais guineensis* et *Borassus aethiopium*, subsp. *flabellifer*).

#### 7.4.1.2. Éléments de paysages de la terre ferme

Les rizières aménagées sur la terre ferme ne présentent quasiment aucune différence avec celles décrites précédemment (figure 227).





	CRITERES D'INTERPRETATION	INTERPRETATION		CRITERES D'INTERPRETATION	INTERPRETATION
	Fond beige-orangé, éléments grands rectangulaires gris ou blancs et grands points verts	Village		Fond beige-verdâtre, éléments petits, ronds et vert-gris sombre, en petits amas	Arrière mangrove mixte
	Tissus continu d'éléments moyens, ronds et vert sombre	Agroforêt		Fond beige-orangé, éléments moyens, ronds, verts, semis lâche et irrégulier	Rizières en friche
	Fond beige-orangé, structure rectangulaire apparente par variabilité de la teinte	Rizière haute en activité		Fond beige-orangé, éléments ronds, verts, - grands à semis lâche - petits en alignements	Jardins
	Fond marron foncé, structure rectangulaire apparente par lignes claires	Rizière de mangrove en activité		Fond beige-orangé, structure rectangulaire peu apparente (variabilité de la teinte)	Rizière de mangrove non cultivées

Figure 226 : Reconnaissance des éléments de paysage du finage de Kamobeu



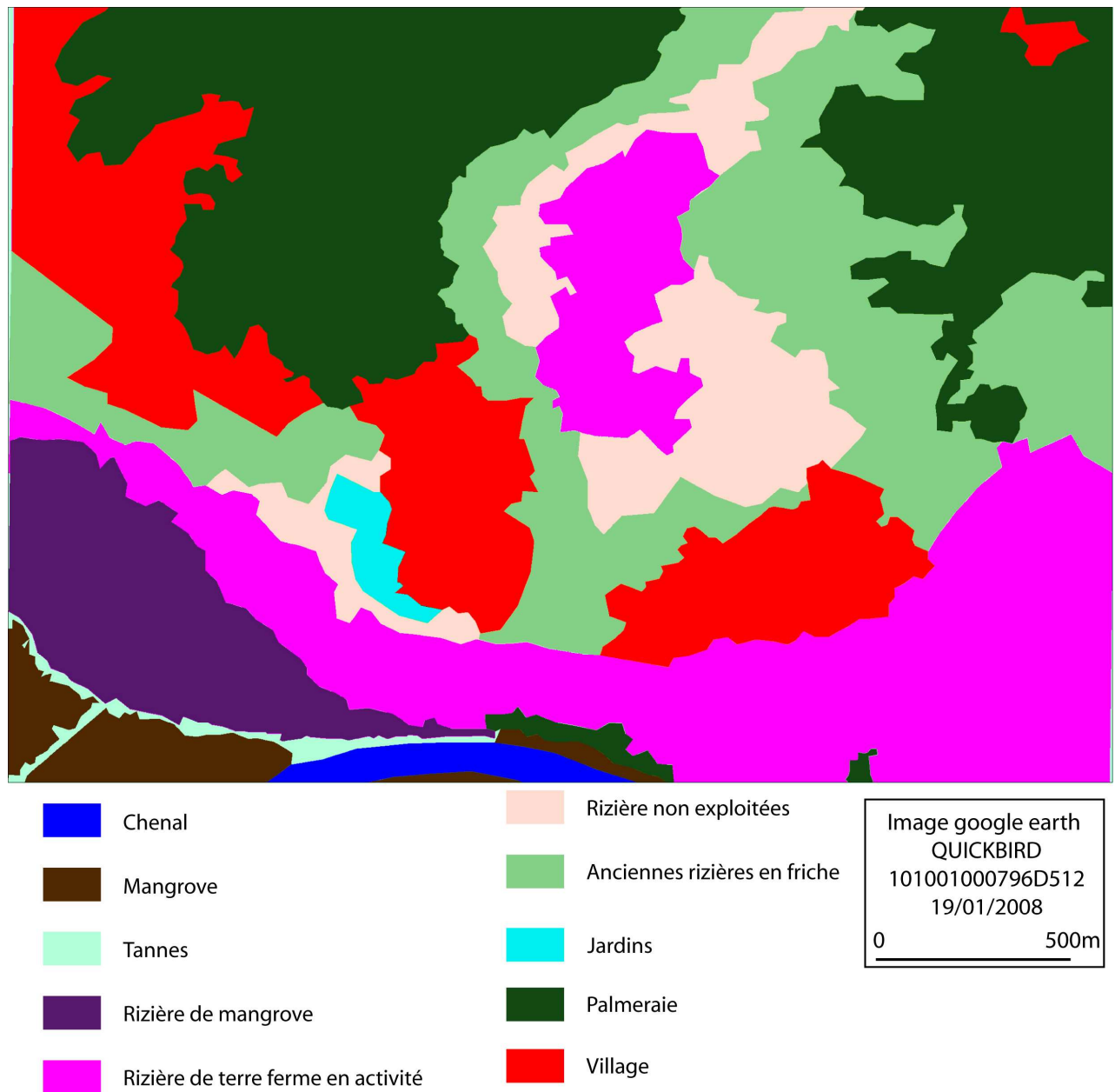


Figure 227 : Zonage des éléments de paysage, finage de Kamobeul



A : Rizières en friches hautes et ouvertes  
B : Rizière en friches basses et assez denses

**Figure 228 : Les friches à Kamobeul**





A : Rive à mangrove assez basse  
B : Rive à *Rhizophora racemosa* sénescents  
C : Moyenne mangrove à *Rh. mangle* dépérissants

**Figure 229 : Les mangroves à Kamobeul**





A : Palmeraie avec cultures itinérantes : pépinière  
B : Palmeraie avec cultures itinérantes : jachère d'un an

**Figure 230 : L'agroforêt à Kamobeul (1)**





A : Palmeraie avec cultures itinérantes : jachère de 3 à 4 ans  
B : Palmeraie avec cultures itinérantes : jachère de 5 à 6 ans

**Figure 231 : L'agroforêt à Kamobeul (2)**





A : Rizières de mangrove : rizière cultivée  
B : Rizières de mangrove : rizière non cultivée

**Figure 232 : Les rizières à Kamobeul**



Les noyaux villageois constituent un habitat moyennement dispersé sous couvert d'un boisement assez dense constitué de palmiers et d'arbres fruitiers. En transition entre le domaine des rizières et la palmeraie, on trouve une lisière de boisement ouvert d'arbres et d'arbustes. Large de quelques dizaines de mètres, elle entoure de façon assez régulière la palmeraie. Les noyaux villageois sont entourés de parcelles agricoles jardinées en fonction des besoins de la famille (maraîchage, pépinières de riz, arbres fruitiers).

On peut observer des secteurs en transition entre les rizières et la palmeraie où l'on trouve un boisement ouvert en lisière de plus en plus ouverte au fur et à mesure qu'elle s'éloigne de la palmeraie. Au contact de la palmeraie, elle présente quelques grands palmiers isolés accompagnés d'une strate buissonnante dominée par *Neocarya macrophylla*, *Annona senegalensis*, *Uvaria chamae*. Au plus près des rizières, on trouve une végétation très ouverte faite de quelques buissons (*Dichrostachys cinerea*, *Faidherbia albida*). Ces éléments de paysages laissent supposer un enrichissement et une progression des boisements sur les espaces qui avaient été déboisés pour les rizières (figure 229).

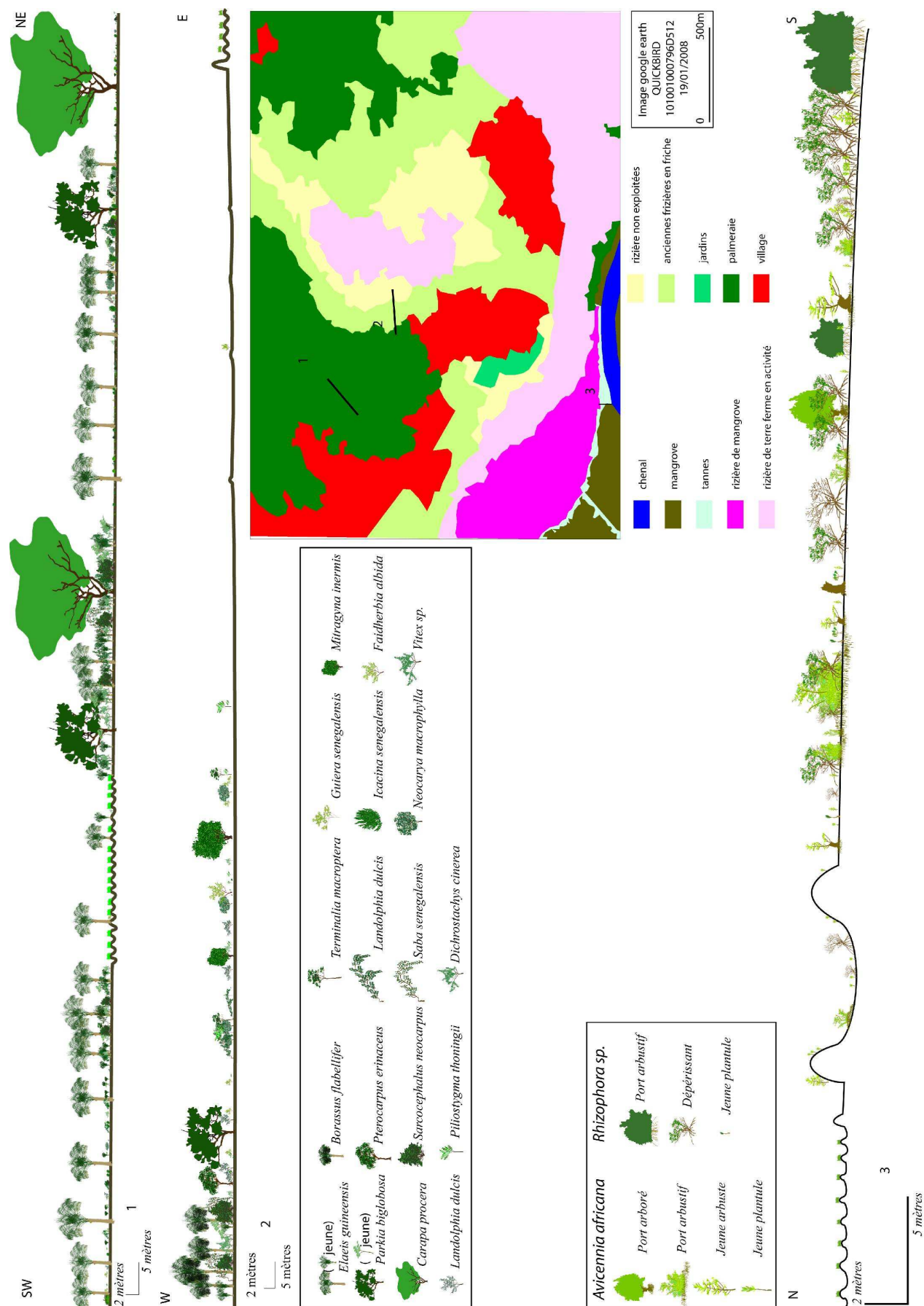
La palmeraie présente en canopée un couvert sub-continu de palmiers, ponctué de grands arbres d'une strate supérieure dont on distingue l'ombre qui se projette sur les cimes des palmiers. Si la palmeraie semble d'une très grande continuité et d'une très grande homogénéité depuis une image satellite, la diversité des éléments de paysage reste très grande. La palmeraie est le lieu d'une culture itinérante sur brûlis qui permet d'une part d'éliminer les espèces pouvant concurrencer le palmier à huile et d'autre part de cultiver le riz dans ses premiers stades de croissance avant de le repiquer dans les rizières inondées.

Les pépinières se présentent sous la forme d'une palmeraie plus ou moins ouverte (la figure 231a illustre le cas d'une palmeraie particulièrement ouverte, à proximité du village). On y trouve les palmiers adultes non touchés par le défrichement. Les autres arbres sont soit laissés indemnes (arbres fruitiers, arbres fertilisants), soit coupés de sorte à laisser l'arbre rejeter de souche. Le reste est coupé et brûlé avant les cultures. Des sillons sont façonnés avant de semer le riz, de façon très dense sur la partie haute des sillons. Même à la saison des cultures, les jeunes adventices qui se développent entre les sillons sont laissés : ils accéléreront la reprise de la végétation dans la jachère. Une parcelle de pépinière est schématisée sur la coupe (figure 234), on y voit trois palmiers d'âges différents. Lorsque la parcelle a été cultivée deux ans, elle est laissée en jachère et les végétaux spontanés peuvent se développer. La figure 231b illustre une jachère d'un an. On y voit deux strates. La première est la strate mono spécifique des palmiers. La deuxième est celle très basse des jeunes recrues forestières.

La diversité floristique y est très grande ; une jachère d'un an a été relevée sur la coupe, on y voit les grands palmiers, formant ici une canopée quasi-continue, les jeunes plantules équiennes constituent un taux de recouvrement du sol assez important. Lorsque la jachère a quelques années, on y retrouve un fourré de buissons et de lianes assez impénétrable. Les arbustes et jeunes arbres s'élèvent 1 à 1,5 mètres de haut. Les espèces qui dominent ces jachères sont *Vitex sp.*, *Dichrostachys cinerea*, *Saba senegalensis* *Landolphia sp.* et *Uvaria chamae*. Quand la jachère a près d'une dizaine d'années, les végétaux s'étant développés pendant la friche atteignent les branches basses de la strate arbustive qui a été épargnée par le défrichement. Les jeunes arbres à la plus grande croissance se sont élevés au dessus des espèces buissonnantes, le sol contient désormais une couche d'humus et la parcelle peut être défrichée de nouveau.

### 7.4.1.3. Les paysages à Kamobeul

Trois paysages sont présents ici (figure 234) : la mangrove au sud, les rizières au centre et la palmeraie au nord. La mangrove n'est pour simplifier le schéma présente ici qu'en rive convexe (coin sud-ouest de l'image), elle est assez développée et présente une zonation complète des éléments décrits ci-dessus. En rive concave elle est en effet très réduite, limitée à une petite frange qui sépare le chenal des premiers bassins (au centre sud de l'image), et peut être considérée comme un élément du paysage des rizières.



Les paysages de rizières se composent d'un assez grand nombre d'éléments : la frange de mangrove, les mangroves en activité, les mangroves au repos, les friches et les noyaux villageois. La dichotomie entre rizières de mangrove et rizières basse de terre ferme n'apparaît quasiment pas en terme de paysage. Cependant, à celle-ci s'accroche un gradient topographique et édaphique menant à une inondation plus ou moins importante depuis les rizières les plus basses vers les rizières les plus hautes. Celui-ci se lit assez bien dans le paysage. Par ailleurs, les rizières ne sont que partiellement cultivées, présentant une mosaïque de casiers où les sillons sont construits et de casiers non exploités (figure 233b), où se développent les herbacées hydro-halophiles sur les sols hérités des vasières ou hydrophiles dans les rizières plus hautes.

Les paysages de palmeraies sont constituées d'une mosaïque de parcelles agroforestières à divers stades : culture, jeune jachère, jachère ancienne (figures 231 et 232).

### Agencement des paysages à Kamobeul (7.4.1)

Le territoire de Kamobeul diffère très nettement des trois villages précédents, bien qu'il présente tout de même quelques points communs avec Brefet. On peut en effet observer à Kamobeul le finage typique des secteurs rizicoles des Rivières-du-Sud, avec un système binaire entre les rizières de mangrove et l'agroforêt.

Le village de Kamobeul, avec ses grandes superficies de rizières prises pour partie sur la mangrove et pour partie en terre ferme, permet un équilibre qui semble satisfaisant entre d'une part, les ressources en bois (immenses en agroforêt et très grandes en mangrove) et les services écologiques des formations boisées, et d'autre part, la capacité en production agricole. Cet équilibre est étroitement lié à la présence d'une vaste et très dense agroforêt qui permet une production agricole et un couvert forestier, lequel semble témoigner, par la rapidité d'enfrichement des jachères, d'une capacité de production en bois importante, donc une ressource exploitable importante. Les vasières, bien que la mangrove ne possède pas les grandes étendues de mangrove très haute et très dense que présentent les sites les plus favorables des îles Betenti ou de la Gambie, apportent dans l'état actuel une ressource non négligeable en bois et une diversité des paysages : mangrove haute et dense, basse et ouverte, tannes, rizières.

## 7.4.2. Évolution des pratiques à Kamobeul

Quelles activités s'insèrent dans les trois types de paysages constituant le finage de Kamobeul : les mangroves, les rizières et l'agroforêt (7.4.2.1) ? Quelles évolutions des pratiques l'évolution des paysages (l'enfrichement des rizières, la cinématique régressive de la mangrove et la stabilité de l'agroforêt) a-t-elle induit et quelles évolutions des paysages ont pu provoquer ces pratiques (7.4.2.2) ?

### 7.4.2.1. Portrait des activités de Kamobeul

Le finage de Kamobeul ainsi que les finages diolas, en règle générale, sont remarquables en ce que la riziculture occupe une place prépondérante dans la structure spatiale et l'économie villageoise (choix, calendriers...).

**Riziculture.** La riziculture est la principale activité. Elle occupe la quasi-totalité de la main d'œuvre durant une très large partie du calendrier et sur une très large part du finage. En effet, hors des rizières où le riz est repiqué, les pépinières sont en agroforêt et dans les jardins. Nous ne revenons pas sur les pratiques rizicoles amplement décrites dans la littérature (Cormier-Salem, 1992).



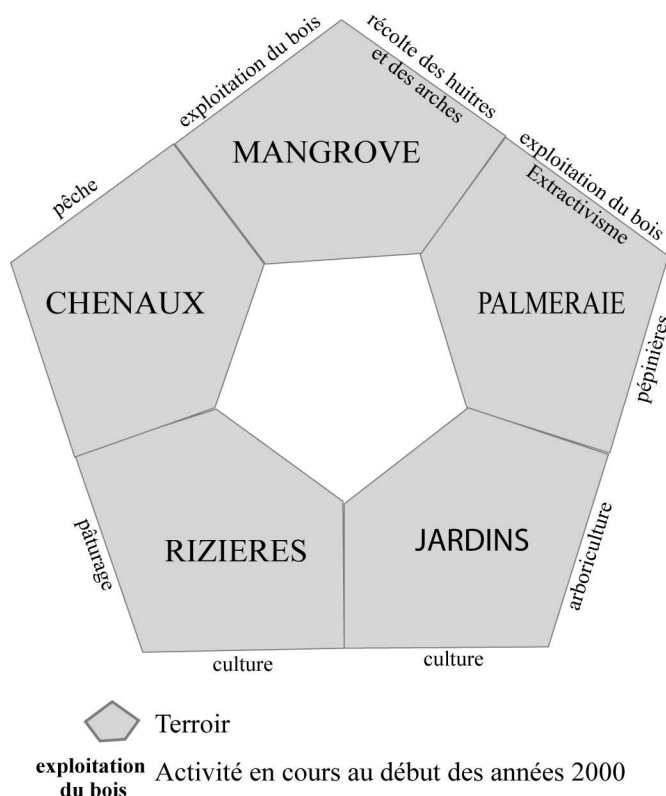


Figure 234 : Le finage de Kamobeul

**Gestion agroforestière.** Les rizières nécessitent l'agroforêt pour leur fonctionnement avec les pépinières. D'une certaine manière, elles en constituent la principale justification. Cependant, un très grand nombre d'autres activités se déroulent dans l'agroforêt, l'extraction de l'huile et du vin de palme étant les principales. L'agroforêt est une ressource très importante en bois vert pour la construction (*Borassus aethiopium subsp. flabellifer*) et en bois mort pour la cuisine et en charbon de bois

Sur les usages du bois de l'agroforêt pour le charbon, le bois de chauffe et le bois de construction, le chef du village de Kamobeul a insisté sur la faiblesse des prélèvements. « Si je veux y aller tous les jours je le fais. Par contre il faut choisir les arbres, on ne coupe pas comme ça. Il faut laisser les arbres vivre. Ici, actuellement, on ne fait pas trop, c'est surtout les jeunes qui le font. On fait ça avec les manguiers qui sont trop vieux. Si tu veux rentrer dans la brousse pour couper tu peux mais ce n'est pas chaque fois. Mais dans la brousse on le fait un peu rare. On va chercher le bois en brousse mais on ne fait pas trop le charbon, le charbon on le fait avec les vieux manguiers du village. ».

Durant l'enquête *in situ* dans l'agroforêt, il a été précisé que son entretien (élimination des arbres qui pourraient concurrencer les Palmiers à huile) et les cultures itinérantes suffisent très largement à l'ensemble des besoins en bois, et ce pour toutes les familles. En outre, l'agroforêt y est particulièrement dense et la régénération des coupes très rapide, comme le démontre la régénération des jachères. D'autres cultures que les pépinières de riz ont quelquefois lieu en agroforêt, et également sur des parcelles de défriche-brûlis. Enfin, l'agroforêt permet le développement spontané de jeunes arbres fruitiers qui seront replantés dans les jardins.

**Jardins.** Les jardins sont utilisés comme pépinière pour le riz et pour les autres cultures (arachide, maïs, maraîchage). Les jardins sont plus ou moins complantés (anacardiens, manguiers, agrumes...), voire constitués en vergers et permettent donc une exploitation fruitière.

**Parcours.** On parque les troupeaux dans les jardins et dans les rizières avant les cultures pour fertiliser les terres. Durant les cultures, les troupeaux sont parqués dans des parcelles de jachères pour fertiliser la terre ou menés dans les friches.

**Exploitation du bois de mangrove.** L'exploitation des mangroves qui a pu être mise en évidence sur le terrain est concentrée dans l'étage de la transition entre *Avicennia africana* et *Rhizophora mangle*. L'exploitation est ici diffuse. Dans certains cas un *Rhizophora mangle* est prélevé, souvent dans son intégralité, coupé à la base des racines échasses. Dans la majorité des cas, c'est un *Avicennia africana* qui est exploité, en taillant soit une ou deux branches quand l'arbre est grand, soit en le taillant totalement pour les buissons et les petits arbres. Cependant, *Avicennia africana* rejette de souche et ces formations apparaissent comme des taillis. Sous ces taillis la régénération est bonne, tant par les jeunes pousses de *Rhizophoras sp.*, que par celles d'*Avicennia africana*, et l'exploitation en soi semble tout à fait durable. Cependant, il existe un risque qu'en cas d'augmentation de la salinité, cette densité d'exploitation accélère le dépérissement et la tannification.

**Pêche.** Les villageois pratiquent une pisciculture dans les bassins, ainsi décrite : « Pendant la saison des pluies, les marées sont très hautes, ils creusent des trous pour empêcher les poissons de sortir, ils laissent un trou pour les poissons, ils les laissent grandir et après ils les attrapent pour les vendre. » Ces bassins peuvent à l'occasion être aménagés en rizière si le besoin s'en fait sentir (Cormier-Salem, 1992). Certains villageois possédant une pirogue partent en saison sèche pêcher, soit en posant et en prélevant divers pièges, soit avec des techniques plus actives, de filets et de lignes.

**Récolte des huîtres.** Dans des proportions et à des périodes similaires, les femmes partent en campagne de récolte des huîtres. Ce sont des campagnes de groupes qui selon les enquêtes se déroulent majoritairement dans les secteurs du Diouloulou.

#### 7.4.2.2. Évolution du système rural

À la fin des années 1960, le village de Kamobeul était simplement divisé en deux terroirs. Les rizières étaient gérées le long du gradient topographique et du contraste pédologique de la digue aux rizières les plus hautes. L'agroforêt était gérée de façon assez homogène avec de petites parcelles de défrichement partiel et des jachères longues. Le village vivait en autosubsistance, les protéines étaient apportées par les produits de la pêche, issus des pièges dans les mangroves, des bassins de pisciculture, de pêche à pied et de récolte des huîtres par les femmes et de quelques campagnes de pêche par les hommes et aussi issues de troc avec des pêcheurs migrants.

#### Recul de la riziculture

La sécheresse, dès la fin des années 1970, a rendu impropre à la riziculture de nombreuses rizières. « Non, il y a des problèmes avec les pluies. Avant il pouvait pleuvoir une semaine sans s'arrêter, on ne sortait même plus des maisons. Des fois c'était inondé jusqu'ici, avec des poissons. Si c'était avant, on ne pouvait même pas habiter ici. » La diminution des précipitations limite le temps d'inondation et la hauteur d'eau dans les rizières, et si l'eau manque trop fortement, la riziculture n'est plus possible qu'avec des riz de cycle très court, voire dans le pire des cas plus possible du tout. Ainsi, un certain nombre de rizières ont été rendues impropres à la culture par la sécheresse. Dans le même temps, de nombreuses personnes sont parties du village pour vivre à la ville. « Dans la génération du gars là, du vieux, il y en a qui sont dans la ville, ils ne viennent même plus pour les cultures. Il y a des gens de ma génération qui sont dans la ville, ils ne viennent pas. Il y a des gens de la génération du jeune, là, ils sont dans la ville, ils ne viennent pas. Même quand on a une grande famille, il n'y a souvent qu'un gars ou deux qui restent là pour cultiver. Avant il y avait du riz partout. Derrière chez moi, il y avait du riz de la route jusqu'à la forêt. Avant on avait beaucoup de riz. [...]. Avant, aux mois de mai-juin il y avait les jeunes qui revenaient pour cultiver. Mais maintenant, les jeunes ils vont tous à l'école. Et l'école ça finit trop tard, ils ne peuvent pas venir pour les premiers travaux dans les rizières. Au temps de nos papas, personne n'allait à l'école, tout le monde travaillait dans les rizières. Aujourd'hui, il y a plein de jeunes qui partent à la ville, mais ils ne vont pas à l'école, ils ne travaillent même pas, et ces jeunes-là qui ne font rien à la ville, ils ne viennent même pas travailler dans les champs. » Or la main d'œuvre nécessaire au bon fonctionnement du finage, tout particulièrement des terroirs rizicoles, est très importante. Ces deux facteurs se combinant, le manque de main d'œuvre a mené à se concentrer sur les rizières plus longtemps inondées, où par ailleurs les sols sont les meilleurs, à savoir les rizières de mangrove, et à abandonner les

plus hautes. « Depuis la grande digue jusqu'en haut jusqu'au village et à la forêt, avant il y avait des rizières, plein de rizières. Il y avait toutes les rizières. Et toutes il y avait de l'eau. »

Cependant, le calendrier, l'équilibre entre les différentes pratiques et la pluriactivité n'ont connu presque aucune modification. La gestion de l'agroforêt ne présentait jusqu'à peu aucune modification importante.

### *Défrichement agricole*

Kamobeul a connu dans les années 1980 certains défrichements qui ont permis la mise en place de pépinières permanentes. Des parcelles de taille légèrement supérieure à celle des pépinières itinérantes sur brûlis ont été défrichées, délimitées par des clôtures, pour la mise en place de ces pépinières fixes, sur un modèle cultural assez proche des pépinières de cases, qui faisaient déjà partie du finage. Quelques palmiers ont été épargnés et ces parcelles tiennent encore du système agroforestier. Ces parcelles n'ont pas été citées par le chef du village lors des questions sur les différents types de champs et de cultures, mais elles ont été aperçues lors d'enquêtes *in situ*, pour la visite de l'agroforêt. L'enquêteur en a décrit une comme « une pépinière nouvelle comme celles à côté des maisons » et a justifié la présence de la clôture pour la protéger des vaches.

À la question « Est-ce que quelqu'un du village peut faire ce qu'il veut sur ses terres, comme couper tous les arbres pour planter de l'arachide ? », le chef du village a répondu : « Ici, les parents sont conscients de l'avenir de leurs fils. Si on a des terres où on a des arbres, on n'a pas besoin de couper des arbres n'importe comment. Nos fils et nos petits-fils auront besoin de ces arbres. Mais si on veut couper les arbres sur ses terres pour mettre un verger de cajou, le chef de village il peut pas te dire non, tu peux le faire. » Son fils, à l'évocation des pépinières itinérantes sur brûlis, m'a expliqué, en aparté, que l'on faisait de moins en moins de pépinières en brousse et de plus en plus de pépinières dans les jardins.

Ainsi, le défrichement partiel pour ces nouvelles formes de pépinières agroforestières fixes, ou du moins de rotation beaucoup plus lente que celles du système agroforestier « traditionnel », semble bien témoigner d'une tendance à la transformation du finage en liaison avec des évolutions sociétales. Les divergences de perceptions et de discours entre le chef du village et son fils qui lui succèdera très probablement révèlent apparemment un changement en cours. Il semble que si jusqu'ici les importants changements des paysages de rizières ont épargné le paysage agroforestier, des modifications des pratiques sont en train de se mettre en place et le finage de Kamobeul pourrait dans quelques années connaître des transformations importantes.

### *Régression de l'exploitation de la mangrove*

Le chef du village de Kamobeul affirme que l'exploitation des mangroves a quasi disparu. D'une part parce que la demande en bois est différente « Autrefois les maisons qui n'avaient pas de zinc, les parents partaient dans la mangrove pour faire une toiture ; aujourd'hui pratiquement toutes les maisons de Kamobeul ont une toiture en zinc. Mais il y a des villages où ils le font encore des villages où les maisons ont des toits en branches comme Eloubaline. » D'autre part, parce que le bois accessible en agroforêt est plus simple d'accès et plus adapté aux besoins : « Nous on a de grandes forêts avec les rôniers et les autres grands arbres. C'est du meilleur bois que le bois de la mangrove. Quand on a besoin de faire une grande toiture, on ne peut pas trouver des grandes branches dans la mangrove alors qu'il y a des grands arbres dans la forêt. » Cependant, les mangroves dans les chenaux voisins de Kamobeul présentaient les marques d'une exploitation assez importante. Une première hypothèse peut être celle d'une pratique qui veut être discrète, les enquêtes n'ont ainsi pas permis de faire concorder les discours et les observations de terrain. La deuxième hypothèse est que l'exploitation observée est liée aux villages insulaires amphibiens, dont le finage, sans terre ferme, ne s'appuie que sur les ressources des vasières (Cormier-Salem, 1992).

### *Mise en place de vergers*

À Kamobeul, un nouveau jardin complanté de manguiers a été mis en place le long de la route qui mène à Enampore et à Séléki. Il s'agit ici d'une parcelle unique pour les femmes du village. Il semble qu'elle soit liée à un projet d'aide au développement par l'économie des femmes. De tels jardins maraîchers ont récemment été mis en place dans des villages de la région. Ce qui transparait le plus dans les réactions à ce projet est sa mauvaise conception. « On cultive les tomates pour les vendre mais ici on est loin de



Ziguinchor et on ne peut pas les vendre. » Ce jardin n'a pas très fortement modifié les pratiques, ni l'économie, la priorité étant encore très largement donnée à la riziculture qui nécessite la main d'œuvre des hommes et des femmes pendant toute la saison des pluies et une partie de la saison sèche.

#### Évolution des pratiques à Kamobeul (7.4.1)

Les pratiques de Kamobeul sont celles d'un village centré sur la riziculture : rizières et pépinières, et son binôme de contre-saison : l'extractivisme en agroforêt. Cependant, contrairement à Bani où l'intérêt pour la culture de l'arachide mène à des pratiques peu soignées pour le reste du terroir, les villageois de Kamobeul, bien que plaçant eux aussi la riziculture au centre de leur système rural, pratiquent une pêche, une exploitation du bois et une gestion du troupeau qui semblent bien intégrées dans le fonctionnement durable du finage.

De plus, lorsque l'on examine l'évolution des pratiques, c'est leur stabilité qui frappe le plus. Ce qui apparaît comme des changements paysagers est souvent lié à des pratiques ancestrales comme l'aménagements de nouveaux bassins de pisciculture au contact avec la mangrove. Parallèlement, l'abandon d'une partie des rizières est perçu comme un dommage, mais non irréversible. Cependant, un examen plus fin permet d'observer quelques ébranlements du système, tels que le développement du maraîchage et des vergers et l'apparition discrète de pépinières permanentes qui remplaceront peut-être d'ici à la prochaine génération la culture itinérante sur brûlis.

### 7.4.3. Mise en évidence des processus de changement à Kamobeul

Si les pratiques n'ont que très peu évolué, comment expliquer les changements de l'occupation du sol de Kamobeul (7.4.3.1) ? Trois dynamiques des paysages seront examinées : la première est un ensemble de cinématiques combinées, telle la régression de la mangrove (7.4.3.2), la seconde est le fonctionnement de l'agroforêt (7.4.3.3), la troisième est l'enfrichement des rizières hautes (7.4.2.4).

#### 7.4.3.1. Changements de l'occupation du sol à Kamobeul

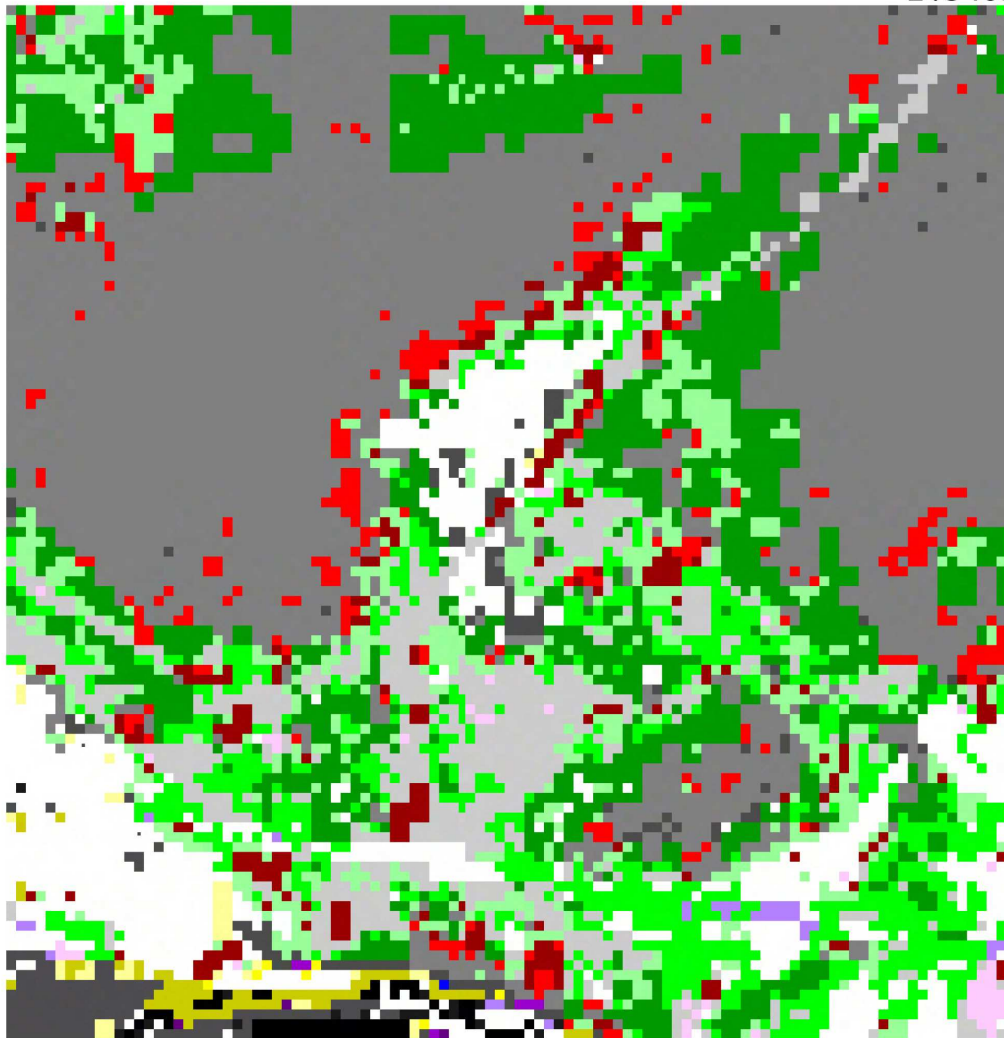
Premièrement, le finage de Kamobeul est caractérisé par la stabilité de l'agroforêt, en dehors de quelques taches de quelques dizaines de mètres de côté de régression récente (figure 236), situés notamment vers la lisière de la palmeraie avec les rizières au centre de la carte (figure 236). Ces parcelles correspondent à des pépinières permanentes, partiellement déboisées, clôturées. Ces pépinières sont différentes de celles pratiquées pendant deux ans sur une parcelle de défriche-brûlis, plus boisées, plus petites et pour cela non détectables par imagerie de résolution comparable à celle de LANDSAT ici utilisée.

Deuxièmement, le contact entre l'agroforêt et les rizières est caractérisé par une progression du couvert ligneux. On observe des taches de régressions anciennes notamment de part et d'autre de la route au nord-est, ou au nord de la carte. Il s'agit de taches d'assez grande superficie. On observe également des taches de plus petite superficie, en semis plus diffus et hétérogène de progression récente. L'enfrichement des rizières est donc un processus ancien et continu datant du début des années 1980.

Troisièmement, le contact entre les rizières et la mangrove est caractérisé par une régression récente de cette dernière. On observe en effet une ligne de quelques dizaines de mètres de régression, ancienne et parfois plus récente.

N : 1384628.43

E : 346363.88



N : 1381735.05

E : 343420.26

<b>Terre ferme</b>	Boisements stables		Non boisé stable	
	Régression boisements	Récent	Ancien	Temporaire
	Progression boisements			
<b>Interface Eau/mangrove</b>	Mangroves stables		Eau stable	
	Régression mangroves	Récent	Ancien	Temporaire
	Progression mangroves			
<b>Interface mangroves / tannes ou rizières</b>	Tannes ou rizières stable			
	Régression mangroves	Récent	Ancien	Temporaire
	Progression mangroves			
	Eau/ mangrove/ tanne		Erreurs	

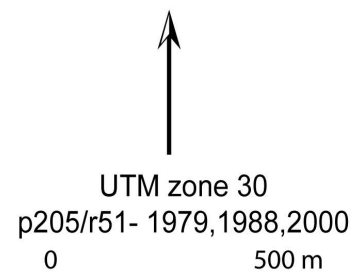


Figure 235 : Carte des changements de l'occupation du sol à Kamobeul

### 7.4.3.2. régression de la mangrove

#### *Analyse paysagère*

Sur le terrain on peut observer deux indices possibles permettant d'expliquer le recul de la mangrove. Premièrement, on peut observer un bassin, à la limite entre rizières et mangroves où s'observent quelques palétuviers dépérissants. La présence des palétuviers en cours de dépérissement laisse supposer qu'il s'agit d'un nouveau bassin construit récemment. Le deuxième indice est une légère tendance au dépérissement dans les mangroves à l'arrière des digues.

#### *Analyse rétrospective*

La coupe effectuée dans la mangrove se situe en rive concave (figure 237). Elle se présente sous la forme d'un peuplement mixte buissonnant où les *Rhizophora mangle* sont majoritairement dépérissants et où *Avicennia africana* est gérée en taillis. La coupe présente une réserve de rizière récemment endiguée. Ce type de bassin a été décrit par Cormier-Salem (1992) comme multifonctions. Il correspond à une future rizière dont le sol est en cours de lessivage et dont les palétuviers dépérissent progressivement. En outre, ce bassin sert à la pisciculture : de jeunes poissons y sont piégés en saison des pluies, ils y resteront toute la saison sèche jusqu'à leur consommation. L'endiguement (vers le bas de l'estran) qui délimite ce bassin est assez récent. De plus, la présence de palétuviers dépérissant montre bien que sa construction a provoqué la disparition d'une partie du couvert boisé. Cependant, ce bassin est de faible superficie et il est loin de justifier l'ensemble de la tache de régression cartographiée.

La coupe donne un grand nombre d'informations sur les changements du couvert végétal. Ces derniers sont au nombre de trois, dont deux se combinent pour expliquer le linéaire de régression de la mangrove et le troisième est un changement non perçu dans l'analyse d'image.

Premièrement on y retrouve le bassin et ses palétuviers en dépérissement. Deuxièmement, un certain nombre de palétuviers montrent sur la coupe des formes de dépérissement. Le chenal longeant Kamobeul est assez en amont, donc ses eaux sont fortement salées, il est en effet assez logique que les années 1970 et 1980 aient vu un accroissement de la salinité des eaux et des solutions du sol. On peut donc émettre l'hypothèse que le liseré de régression de la mangrove sur l'image correspond au dépérissement d'une partie des palétuviers, dans la partie la plus haute de l'estran (zones endiguées mises à part).

Troisièmement, on observe au sein de la partie basse de l'estran cartographié comme une mangrove stable (ce qui est confirmé sur le terrain), une tendance au remplacement de *Rhizophora mangle* par *Avicennia africana*. Le massif de mangrove riverain est constitué d'une strate buissonnante de *Rhizophora mangle* dont une majorité connaît un important dépérissement. Ce même massif présente une strate de jeunes plantules d'*Avicennia africana* assez importante en effectif et présentant un certain dynamisme. Il semblerait que la coupe mette en évidence le passage d'un peuplement à l'autre. L'absence totale de jeunes plantules de *Rhizophora mangle* sous lui-même laisse penser que ce passage sera assez brutal et que quand les buissons auront tous dépéri par des conditions de milieu hostile ou par mort naturelle, la rive du chenal sera occupée par *Avicennia africana*. Par ailleurs, la rive concave au niveau de la coupe ne présente aucune dynamique de sédimentation vers le bas de l'estran qui pourrait compenser la disparition en un point de *Rhizophora sp.* par son implantation sur de nouvelles vases plus basses sur l'estran et plus récemment déposées. En ce qui concerne les jeunes plantules observées plus haut sur l'estran, on peut émettre l'hypothèse qu'il s'agit d'une dynamique proche de celle déjà observée à Diamniadio et à Bani. En effet, dans les secteurs de forte salinité, *Rhizophora sp.* ensemence toujours fortement dans le haut de l'estran, et les jeunes plantules n'y vivent au mieux que quelques années.



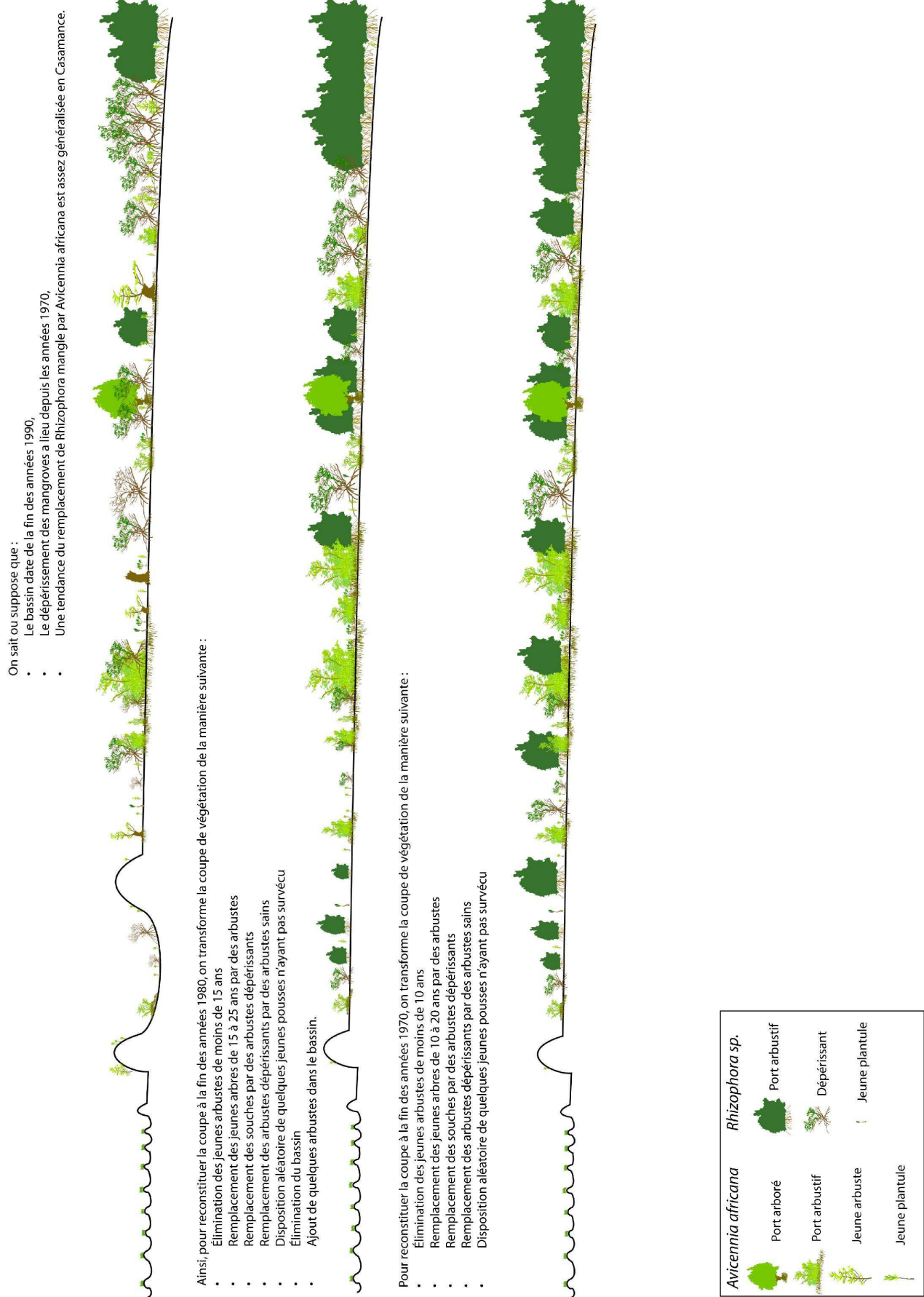


Figure 236 : Analyse rétrospective de la mangrove à Kamobeul

À la fin des années 1970, selon les estimations de l'analyse rétrospective, la végétation était assez dense. Seuls quelques *Rhizophora mangle* du milieu d'estran et quelques *Avicennia africana* du haut de l'estran présentaient des marques d'un début de dépérissement. Le bas d'estran était, sur une assez large bande, uniquement composé de *Rhizophora sp.*

À la fin des années 1980, dix ans plus tard, la végétation semble n'avoir été qu'à peine moins dense. Le dépérissement semble s'être répandu mais n'a pas conduit à une réelle ouverture du peuplement végétal, laquelle aurait été remarquée par l'analyse d'image. Selon les estimations d'âge des végétaux sur la coupe actuelle, *Avicennia africana* n'a pas à ce moment débuté son remplacement de *Rhizophora mangle*.

Au début des années 2000, le processus de dépérissement s'est poursuivi faisant passer la moitié haute de la mangrove à un état trop peu boisé (pour être plus précis trop peu végétalisé) pour être cartographié tel quel. De plus, la création d'un nouveau bassin qui élimine assez massivement la végétation de la frange la plus haute accentue le déboisement. Ces deux processus expliquent le déboisement de la frange haute. Ils s'accompagnent du début du processus de remplacement de *Rhizophora mangle* dépérissant ne se régénérant que très peu sous lui-même par *Avicennia africana* qui semble régénérer très bien sous *Rhizophora mangle*. Il s'agit ici d'une légère modification du finage selon des pratiques traditionnelles, sans grande conséquence sur les paysages et l'économie. Elles sont, bien au contraire, la preuve du maintien de certaines pratiques, agricoles et halieutiques.

### 7.4.3.3. L'enfrichement des rizières hautes

#### *Analyse paysagère*

On retrouve entre les rizières et l'agroforêt une large bande de friches plus ou moins boisées. Sur la figure 229a, on voit un peuplement ouvert constitué d'arbres assez hauts qui démontre l'ancienneté du processus. Sur la figure 229b, on voit que les espèces de friches les plus courantes forment le cortège de ces friches.

#### *Résultats d'enquêtes*

Ainsi à l'instar de celles de Diamniadio, les rizières non cultivées s'enfrichent. « Ça peut faire deux ans, les premiers arbres qui commencent à pousser. Pour les arbres qui poussent là-bas, on peut laisser deux ans et ça va pousser. » Ces espaces de friches ne sont pas aménagés. « Si elles ne sont pas cultivées, il n'y a que les troupeaux qui y vont. »

#### *Analyse rétrospective (figure 238)*

La coupe de végétation couvrant la lisière forestière (en progression récente selon l'image satellite) présente les derniers mètres de l'agroforêt, une formation boisée, hétérogène à jeunes arbres et buissons sur plusieurs dizaines de mètres et des rizières à l'abandon, ainsi qu'à l'extrémité de la coupe une rizière en activité.

À la fin des années 1970, les rizières étaient en contact avec l'agroforêt. Elles étaient légèrement complantées, notamment d'un *Mitragyna inermis*. Entre les rizières en activité et les parties denses et cultivées de l'agroforêt, apparaît en sous-bois une strate de buissons assez dense. Dix ans plus tard, mais seulement quelques années après l'abandon des rizières, seules quelques très jeunes plantules apparaissent dans cette toute nouvelle friche. En ce qui concerne les espèces qui ont survécu et se sont bien développées, il s'agit de *Terminalia macroptera*, de *Faidherbia albida*, de *Neocarya macrophylla* et de *Piliostigma thonningii*. La strate de buissons du sous-bois de la limite de l'agroforêt est éliminée à cette époque. Quinze ans plus tard, ces mêmes plantules sont effectivement devenues de jeunes arbres ou de grands arbustes et un grand nombre de jeunes plantules, de jeunes arbustes (buissons et futurs arbres) se sont développés, tant dans les friches que dans le sous bois de la limite de l'agroforêt.

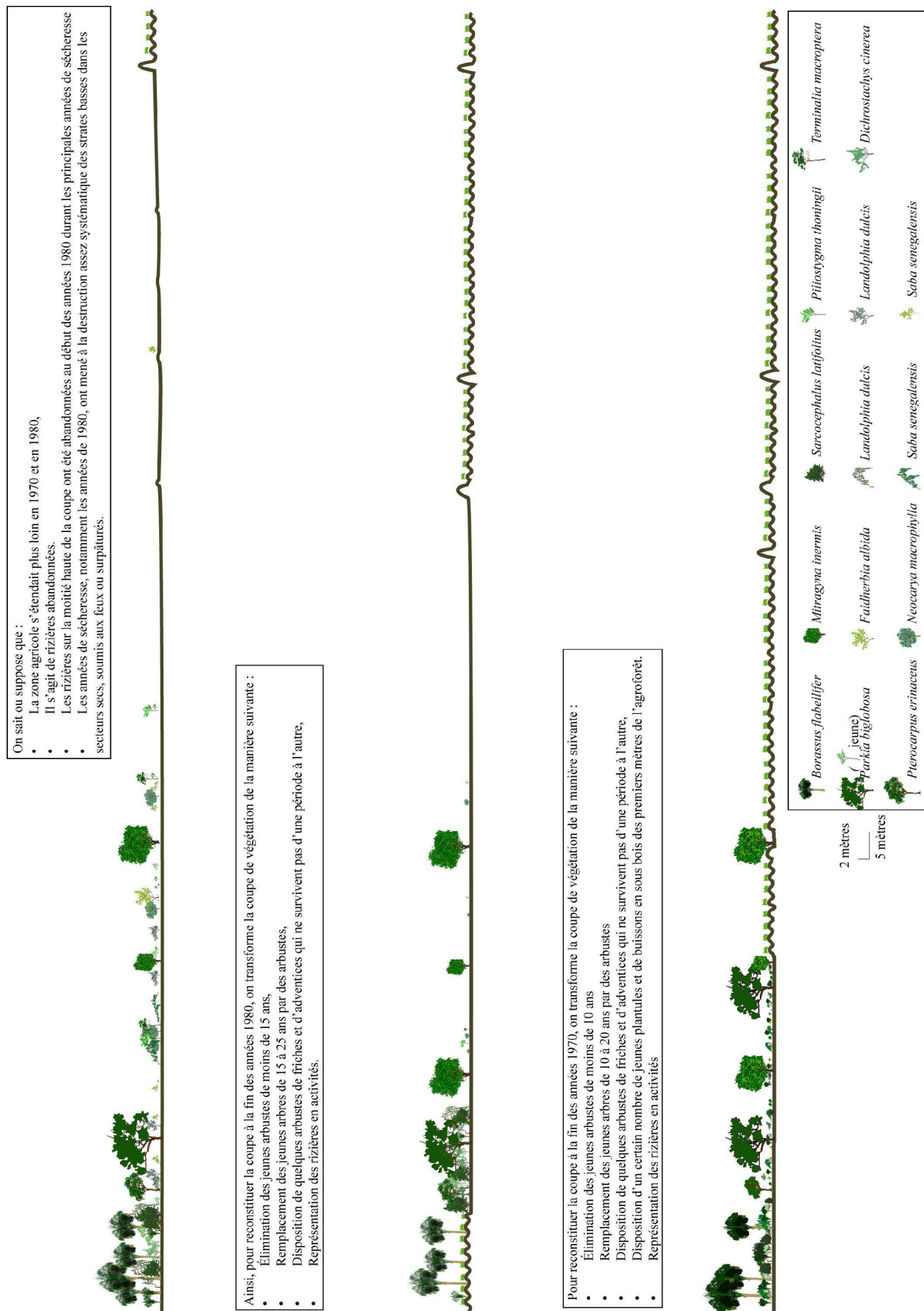


Figure 237 : Analyse rétrospective des friches à Kamobeul



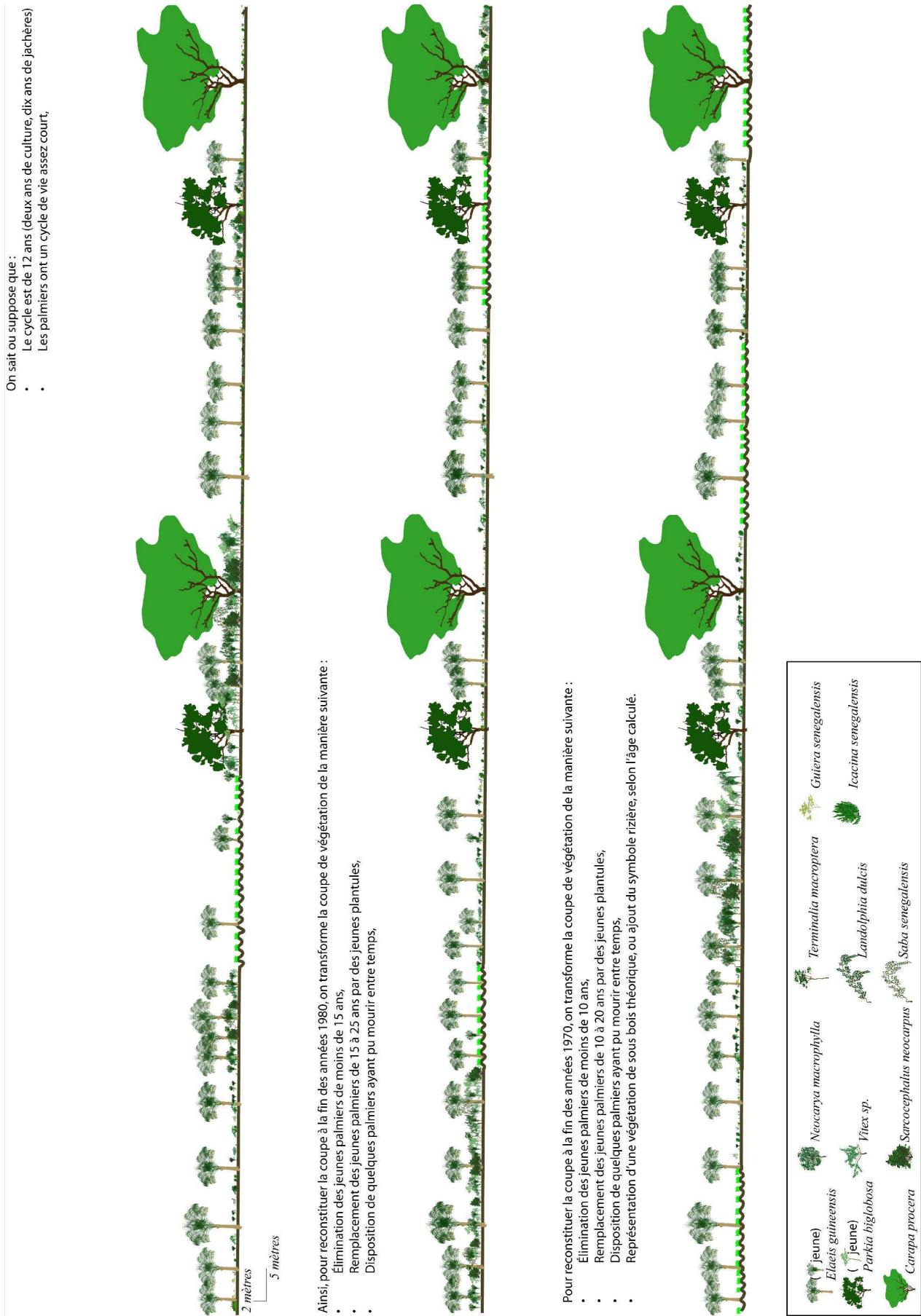


Figure 238 : Analyse rétrospective de l’agroforêt à Kamobeul

#### 7.4.3.4. Agroforêt itinérante

##### *Analyse paysagère*

La figure 232b démontre que le couvert arboré est laissé intégralement lors du défriche-brûlis. Les figures 232a et 232b démontrent que la jachère croît rapidement et constitue très tôt un fourré lianescent très dense.

##### *Analyse rétrospective*

La coupe de végétation en agroforêt (figure 239) a permis d'illustrer la mosaïque de végétation résultant de la culture itinérante sur brûlis telle qu'elle est pratiquée à Kamobeul. On note sur la coupe sept éléments de mosaïque. De gauche à droite sur la coupe on observe :

- une jachère de 2 à 3 ans
- une jachère de 4 à 5 ans
- une jachère de 7 à 8 ans
- une parcelle en deuxième année de culture
- une jachère de 7 à 8 ans
- une jachère 1 an
- une jachère de 5 à 6 ans
- une jachère d'1 an.

Les végétations supposées de 1986 et de 1979 ne diffèrent que très peu de celle de 2001, seul l'âge de la jachère varie, conformément à la stabilité cartographiée et à l'estimation de dix ans des jachères les plus anciennes observées dans l'ensemble des parcelles étudiées dans l'agroforêt avoisinant Kamobeul. Notons que les parcelles de pépinières permanentes détectées et cartographiées comme du déboisement récent sont absentes de cette coupe. Cependant, elles n'auraient constitué qu'un faible changement de l'ensemble de la coupe, à la différence qu'en cas de projection de la coupe dans un futur proche, elles se seraient fortement différenciées des autres parcelles qui devraient continuer à être gérées en culture itinérante.

#### Mise en évidence des processus de changement à Kamobeul (7.4.2)

En conclusion de l'analyse des processus d'évolution des paysages de Kamobeul par l'analyse de la cinématique de la végétation, on remarque ici d'assez importants changements, eu égard aux faibles évolutions des pratiques (figure 240).

Certains changements s'inscrivent en effet dans la continuité, si ce n'est dans la stabilité des pratiques, tandis que d'autres témoignent d'importantes modifications agro-sylvo-pastorales. En effet, si les rotations des pépinières en agroforêt constituent un important changement chaque année, il est constitutif de ce système stable dans ses propres cycles sur le pas de temps 1979 – 2005. Les rotations ne sont donc pas réellement considérées comme un changement du système. De la même façon, l'endiguement en avant des rizières est d'une part de petite taille, et d'autre part, une pratique ancestrale. Il constitue donc un changement des paysages qui ne résulte ni d'une évolution du milieu, ni d'une évolution des pratiques. Ainsi, aucun de ces changements ne constitue de dégradation ou d'amélioration des paysages, des ressources et des services écologiques.

En revanche, deux changements sont indicateurs de modifications importantes du système. Le dépérissement accompagné de la tendance au remplacement de *Rhizophora mangle* par *Avicennia africana* témoigne de la modification des milieux et mérite un suivi important. Nous avons bien ici une diminution de la ressource en bois et un éclaircissement de la mangrove qui menace les services écologiques qu'elle peut rendre, donc une probable dégradation qu'il s'agit d'examiner au regard de l'ensemble des changements du territoire villageois.

L'enfrichement des rizières les plus hautes apporte une augmentation de la ressource en bois et une diversification des paysages boisés, il apparaîtrait de ces deux points de vue comme une amélioration de l'ensemble des paysages que constitue le territoire villageois. Cependant, il démontre un très important recul d'une activité dont on sait qu'elle joue un rôle économique et social très important (Cormier-Salem, 1999). L'abandon de la riziculture peut remettre en cause la capacité de production agricole qui deviendrait insuffisante pour l'économie du village.

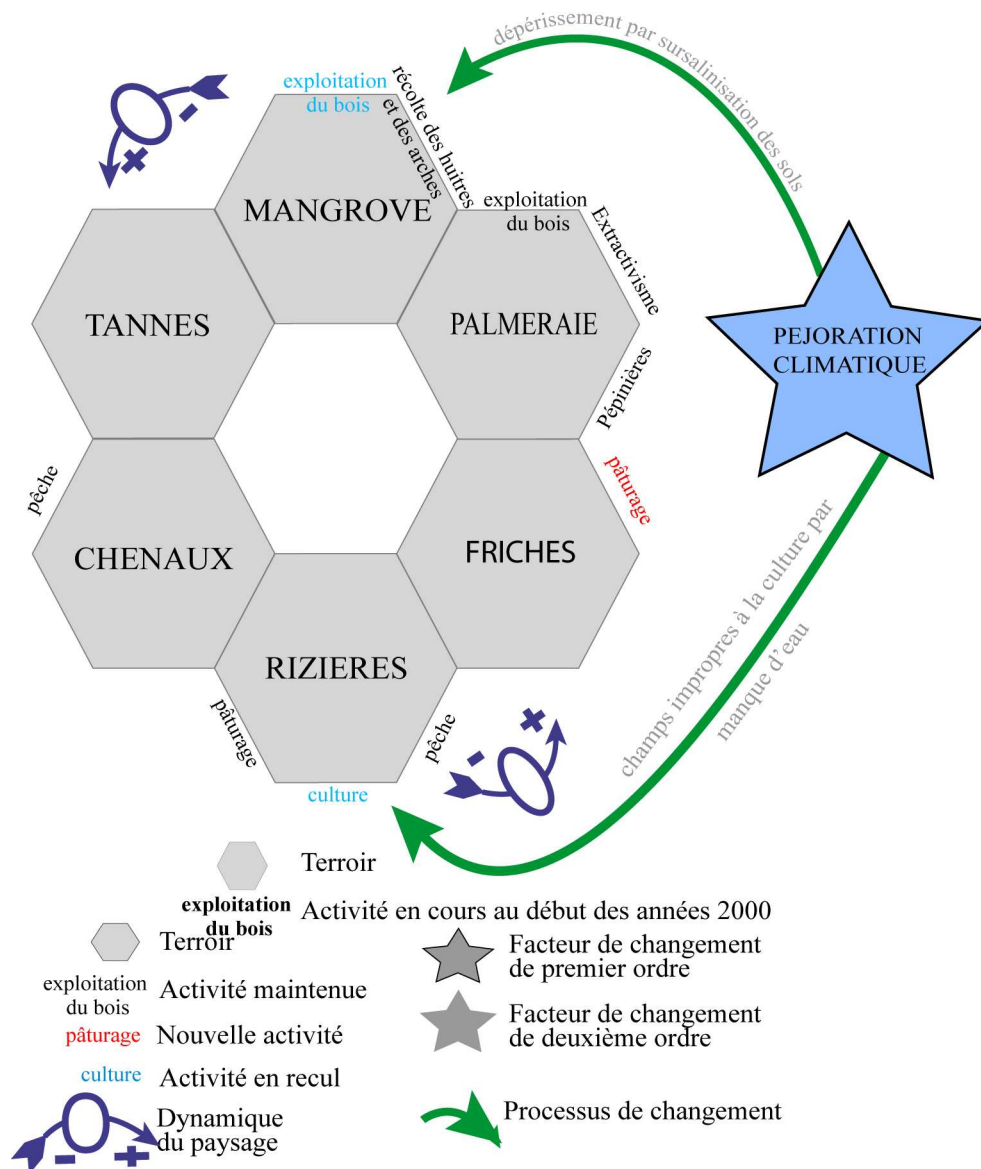


Figure 239 : Évolution du finage de Kamobeul

#### Kamobeul (7.4)

Kamobeul, avec un très petit finage présente une assez grande agroforêt très dense et très continue au sein de laquelle les techniques de défriche-brûlis permettent un excellent maintien du couvert arboré et donc *a priori* une exploitation des ressources qui en résultent. Ce système semble se maintenir assez remarquablement. Les rizières sont abandonnées dans la partie haute et sont seulement partiellement en activité dans la partie basse, ce qui démontre une déprise agricole. Cependant, ce terroir a tout de même progressé de quelques mètres sur la frange de mangrove entre les rizières et le chenal. Or, les mangroves, sont elles-mêmes en cinématique



régressive et il convient de s'interroger sur la pertinence de défricher une partie de cette formation déjà dépérissante.

Ainsi, globalement, il apparaît que le territoire villageois connaît des modifications de part et d'autre de ces rizières qui, si elles se compensent du simple point de vue du couvert boisé (défrichement en mangrove et enfrichement en terre ferme), pourrait témoigner d'une certaine perte de la maîtrise du milieu et d'un déséquilibre entre production agricole et forestière en terre ferme et en vasières. De plus, on observe des changements en cours, notamment dans la gestion des pépinières, qui pourraient laisser présager des modifications nettement plus importantes du système.

Cependant, toutes ces modifications restent encore assez minimes, outre l'enfrichement qui ne pose pas de problème, ni écologique, ni économique, le finage de Kamobeul que les villageois cherchent collectivement à maintenir n'a été ni détérioré ni amélioré par ces évolutions.

## 7.5. Apilho (Secteur frontalier, Nord bissau-guinéen)

Le village d'Apilho est situé en rive nord du Rio Cacheu. Le village balante est localisé au bout d'une piste de quelques kilomètres qui le relie à la route de Ziguinchor à Bissau. Il s'agit de l'extrême nord de la Guinée-Bissau, secteur frontalier caractérisé par une importante tendance à la régression des boisements de terre ferme et une tendance également importante à la progression des mangroves. Pour étudier comment ces deux cinématiques se concrétisent dans le cadre des paysages du territoire villageois, nous en présenterons d'abord l'agencement et les principaux éléments (7.5.1), et nous examinerons les cinématiques de la végétation des paysages en changement (7.5.2), pour une fois encore poser la question des modalités concrètes de changements, et leurs conséquences sur les ressources et les services écologiques afin de déterminer, dans ce cinquième cas de figure, s'il s'agit ou non de dégradation pour les changements en cours.

### 7.5.1. L'agencement des paysages à Apilho

Comment se constitue le territoire villageois balante d'Apilho du point de vue paysager ? Quels sont les principaux éléments de paysages en vasières (7.5.1.1) ? En terre ferme (7.5.1.2) ? Quelles sont leurs structures récurrentes qui peuvent permettre de définir les paysages d'Apilho (7.5.1.3) ? Ces questions doivent avant tout servir à savoir quelles sont les caractéristiques de la structure des paysages d'Apilho, et le contenu des différents éléments pour savoir quelles menaces peuvent éventuellement constituer les dynamiques du paysage.

#### 7.5.1.1. Éléments de paysages des vasières

Le premier élément est la lisière progressive de *Laguncularia racemosa*. En réponse à la présence de bancs de vase particulièrement instables que *Rhizophora racemosa* n'arrive pas à conquérir, *Laguncularia racemosa* apparaît donc ponctuellement comme pionnière. Il s'agit d'une bande monospécifique à *Laguncularia racemosa* dont le peuplement très jeune présente un classement très régulier depuis les individus plus âgés vers le haut au contact avec les *Rhizophora racemosa* vers les plus jeunes plus bas sur l'estran.



EXTRAIT	CRITERES D'INTERPRETATION	INTERPRETATION
	Fond beige-oragné, éléments grands rectangulaires gris ou marrons, grands éléments ronds verts	Village
	Fond beige-verdâtre, éléments moyens, ronds et vert sombre, en tapis continu	Mangrove
	Fond beige-verdâtre, éléments petits, ronds et vert sombre, en petits amas	Rizière en friche (mangrove)
	Fond beige, à structure rectangulaire marquée par linéaires sombres	Rizière de mangrove en activité
	Fond marron clair, à structure rectangulaire peu marquée éléments vert étoilés	Rizière complantée
	Fond marron moyen éléments étoilés et ronds verts, denses	Palmeraie dense
	Fond marron moyen éléments étoilés, ronds et verts, peu denses	Parcelle agroforestière cultivée
	Fond vert granuleux, éléments étoilés, ronds et verts, peu denses	Jachères agroforestières



Figure 240 : Reconnaissance des éléments de paysage du finage d’Aphilho

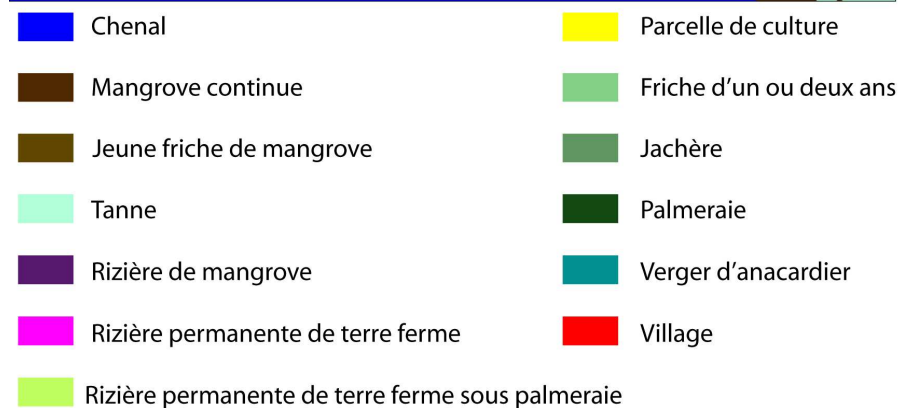
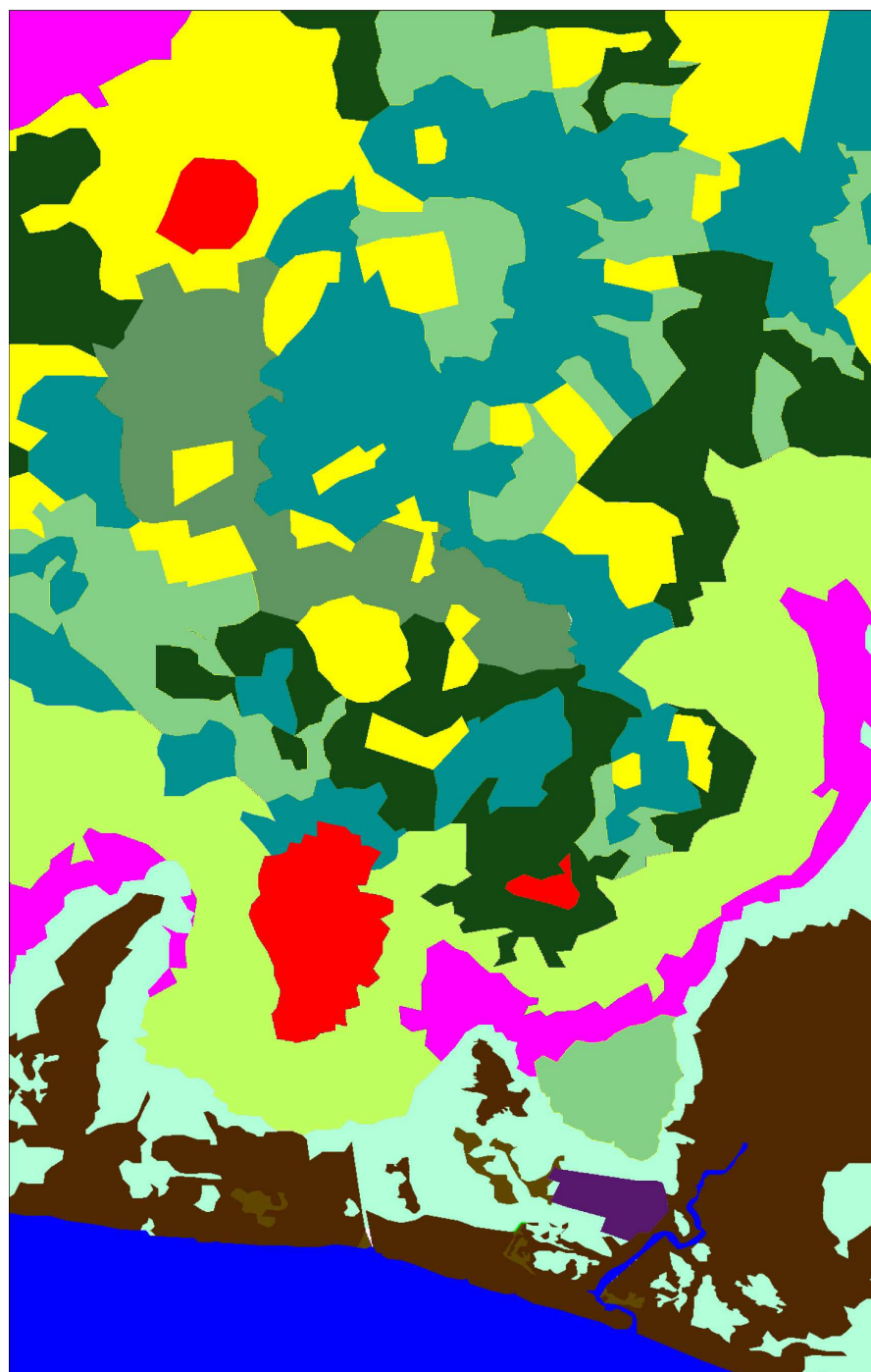


Figure 241 : Zonage des éléments de paysage, finage d'Apilho





A : Rizière permanente sous palmeraie ouverte (Apilho, Nord bissau-guinéen)

B : Verger d'anacardier (Apilho, Nord bissau-guinéen)

**Figure 242 : Les marges de l'agroforêt à Apilho**





Figure 243 : L'agroforêt à Apilho





A : Mangrove stable au contact avec la digue

B : Friche de mangrove dans une rizière abandonnée

**Figure 244 : Rizières enfrichées à Apilho**



Le deuxième élément est une fois encore les rives à *Rhizophora racemosa*. Celles-ci s'élèvent entre 3 et 6 mètres avec des troncs moyens et un excellent renouvellement par les jeunes plantules.

On retrouve ensuite des formations moyennes à *Rhizophora mangle*. Les formations sont comparables à celles de Bani, avec une certaine diversité entre celles à port assez forestier légèrement plus bas que la formation à *Rhizophora racemosa* jusqu'aux formations frêles à renouvellement régulier. Il s'agit ici de signaler la particularité d'une tache de cet élément dans le paysage du chenal qui l'insère vers l'intérieur des terres à l'est du village. On aperçoit sur l'image un trait blanc qui divise en deux le massif de *Rhizophora mangle* de cette fin de chenal. Il s'agit d'une digue récemment construite en vue d'un futur défrichement pour une nouvelle rizière (Figure 245a).

Un nouvel élément apparaît avec les rizières en friches se présentant comme des mangroves très jeunes où *Avicennia africana*, *Rhizophora sp.* et *Laguncularia racemosa* se retrouvent dans des proportions comparables et sans zonation particulière. On y voit dans le paysage les anciennes digues rompues où l'eau salée va et vient avec la marée apportant de nouveaux stocks de propagules (figure 245b).

Le dernier élément est constitué des rizières de mangrove en activité. Celles-ci se présentent de façon assez similaire à celles de Kamobeul, sous la forme de casiers et dépourvues de couvert arboré (figure 241).

### 7.5.1.2. Éléments de paysages de la terre ferme

Les rizières permanentes sous palmeraies constituent une zone de transition entre le tanne et l'agroforêt. L'élément de paysage présente une strate de très hauts palmiers, une strate d'arbres de taille moyenne dominée par *Mitragyna inermis*. On y distingue ensuite les diguettes et sillons qui constituent les rizières (figure 243a).

Les parcelles en cours de cultures ne présentent que deux strates : les grands arbres (*Parkia biglobosa* et *Elais guineensis*) et les cultures (figure 245b).

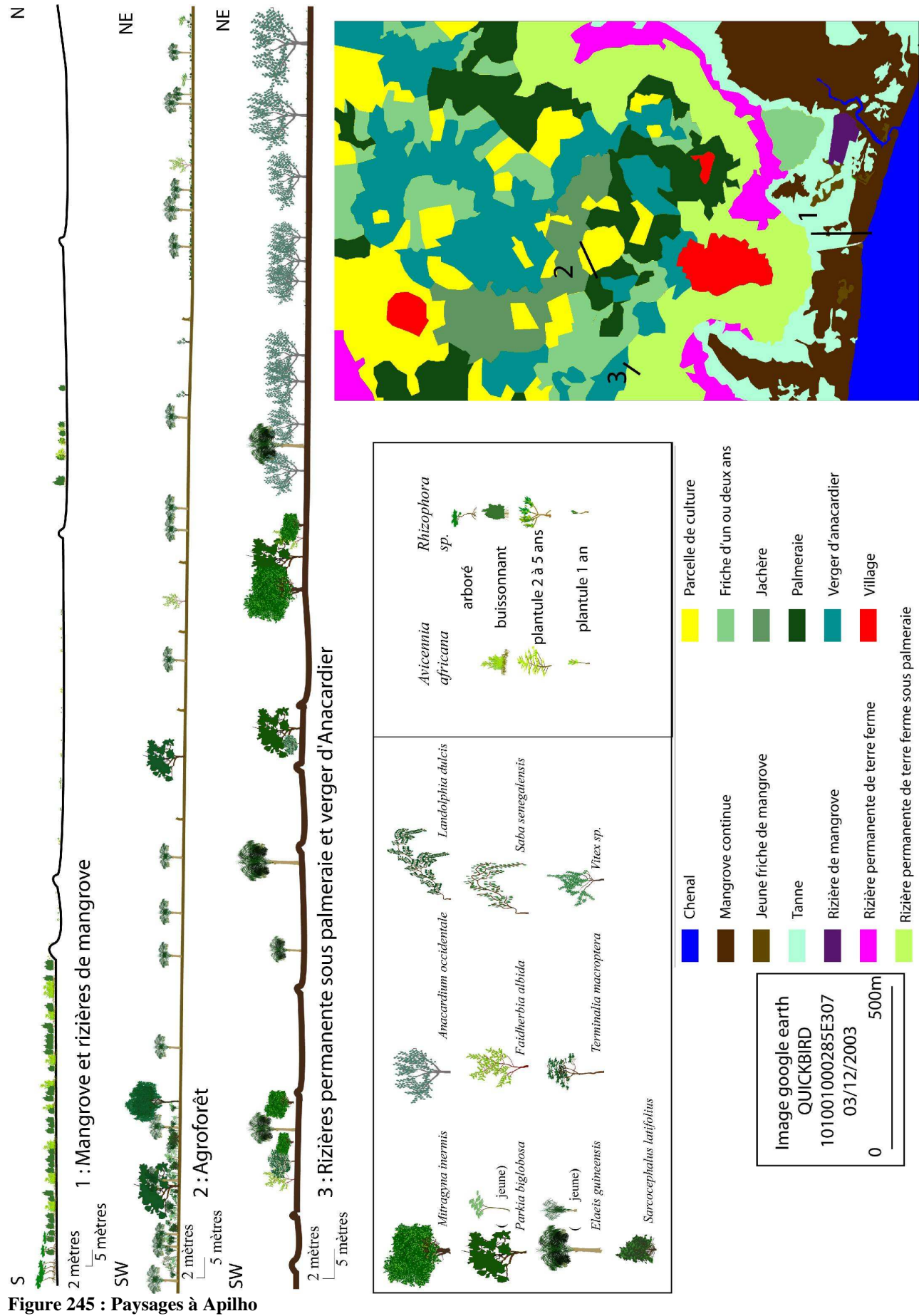
À l'instar des jachères de Casamance, celles du Nord bissau-guinéen, croissent en hauteur et en densité de la première année jusqu'au prochain défrichement. La figure 244c illustre une jachère d'un à deux ans. La figure 244a montre une jachère ancienne de près de dix ans où les jeunes arbres se sont dressés et atteignent les strates moyennes. Le verger d'anacardier est un boisement continu régulier horizontalement et verticalement où les recrues forestières sont régulièrement éliminées.

On retrouve des secteurs de palmeraie dense correspondant à des jachères matures, qui seront probablement défrichées dans les années à venir. On distingue enfin les vergers d'anacardiens. Sur le terrain les vergers apparaissent (figure 243b) comme un semis régulier d'arbres bas branchus dont la canopée est continue avec en sous-bois un grand nombre de plantules d'anacardiens et d'espèces spontanées de l'agroforêt.

### 7.5.1.3. Les paysages d'Apilho

Apilho est composé des trois mêmes paysages que Kamobeul : les paysages de mangrove, ceux des rizières qui peuvent inclure une frange de mangrove, et l'agroforêt (figure 242, figure 246).

Les paysages de mangrove présentent une succession conforme à la zonation avec les modalités suivantes : présence possible de lisière à *Laguncularia racemosa*, formation à *Rhizophora racemosa* de taille moyenne, formations d'arrière-mangrove denses et non déperissantes, tanne plutôt court sur l'estran. Les paysages de rizières à Apilho se présentent ainsi : frange de mangrove en bas de la digue, rizières en friche, rizières en activité. Les paysages de l'agroforêt sont constitués des éléments de la mosaïque qui la constituent : jachères d'âges différents, parcelles en culture, vergers.



### L'agencement des paysages à Apilho (7.5.1)

La mangrove à Apilho est de plus belle venue que celles de Kamobeul ou de Diamniadio, mais moins belle que celles de Bani ou Brefet. Le site étant à l'amont d'un chenal sans apport d'eau douce, les mangroves à proximité d'Apilho sont assez peu hautes et présentent quelques tannes. Cependant, si la hauteur reste modérée, on retrouve de larges étendues de mangrove de hauteur moyenne et d'assez forte densité ne présentant pas de formes de dépérissement généralisé. Les rizières en activité occupent une très petite superficie, dont une partie est en friche. Il s'agit ici de la partie la plus basse et non la plus haute comme à Kamobeul. Cependant, la présence d'une nouvelle digue laisse supposer que celles-ci vont de nouveau s'étendre.

En terre ferme, l'importance de l'agroforêt semble permettre une gestion mutuelle de la ressource en bois et de la production agricole. La diversité des physionomies de parcelles, des cultures aux jachères anciennes en passant par les vergers, semble souligner une production diverse et importante créant une mosaïque très hétérogène qui semble permettre d'assurer un certain nombre de services écologiques (habitats variables, grande biodiversité végétale ligneuse).

Donc, en l'attente d'un bilan plus précis intégrant l'analyse des pratiques agro-sylvo-pastorales, le finage n'apparaît pas comme étant dégradé, en ce qu'il semble permettre une gestion durable du bois et une production agricole assez importante.

### 7.5.2. Activités à Apilho

Quelles activités s'insèrent dans les trois types de paysages constituant le finage de Brefet, dans les mangroves, les rizières et l'agroforêt (7.5.2.1) ? Quelles évolutions des pratiques ont-elles pu provoquer ou être provoquées par les évolutions de ces paysages : l'enfrichement des rizières par la mangrove, la stabilité de la mangrove et la conversion partielle de l'agroforêt en vergers (7.5.2.2) ?

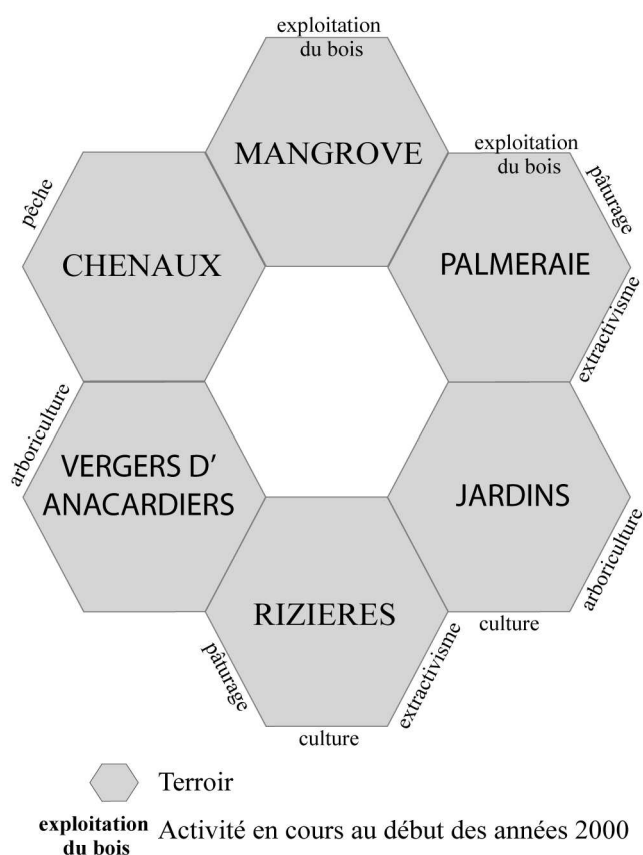


Figure 246 : Le finage d'Apilho



### 7.5.2.1. Portrait des activités d'Apilho

Le finage d'Apilho (figure 247) est plus proche de celui de Kamobeul que des autres, il est également centré sur la riziculture et possède également une palmeraie.

**Riziculture.** Les rizières sont l'élément le plus important du finage d'Apilho. C'est un terroir de grande production nécessitant une grande main d'œuvre. De plus, il est lié à d'autres activités : le pâturage et l'exploitation de la palmeraie après les cultures. La majeure partie des pépinières s'effectue dans les palmeraies ouvertes avoisinant les rizières de mangrove et dans les jardins du village.

**Agroforêts.** L'agroforêt d'Apilho, par ses activités plus nombreuses et par leur importance relative au sein du finage, est très importante. La palmeraie, en culture itinérante sur brûlis, permet outre quelques pépinières, toutes les autres cultures : maïs, mil, arachide et niébé. Elle est également exploitée pour ses palmiers (vin et huile).

**Vergers d'anacardiers.** Les vergers d'anacardiers constituent un autre terroir très important d'Apilho. La culture de la noix de cajou constitue une importante rentrée d'argent. L'anacardier couvre une importante proportion de l'agroforêt et constitue un élément clé pour l'économie villageoise. Il est de saisonnalité opposée au riz et n'entre pas en concurrence avec lui.

**Pêche.** La pêche est le fait de personnes spécialisées, possédant le matériel et en faisant le commerce, auprès des villageois et d'étrangers qui viennent acheter le poisson pour Ziguinchor et pour Bissau.

**Exploitation du bois.** À Apilho, une réponse assez similaire a été faite à celle de Kamobeul : « Pour le bois de feu, on ne va pas dans la mangrove, ici c'est plus facile d'aller dans forêt. » De plus, l'observation in situ a confirmé cette affirmation : aucune coupe n'a été observée à proximité du village. L'exploitation s'effectue dans l'agroforêt où une fois encore les coupes liées au défriche-brûlis et les prélèvements en jachère suffisent largement aux besoins du village.

### 7.5.2.2. Évolution du système rural

Au milieu des années 1960, avant la guerre, le village d'Apilho présentait d'assez importantes superficies de rizières, de mangrove et de rizières permanentes sous palmeraies. L'agroforêt était consacrée aux cultures itinérantes sur brûlis. Les jachères y duraient une quinzaine d'années en moyenne.

#### **Abandon rizicole puis nouvel endiguement**

Apilho a connu la sécheresse et la diminution des potentialités agronomiques dans les rizières en même temps qu'une grande diminution de la main d'œuvre liée aux troubles politiques et à l'enrôlement des jeunes hommes dans les forces armées. La conjonction de ces deux facteurs a mené à un recul des pratiques rizicoles. « C'est au temps de guerre que toutes les rizières se sont gâtées. La guerre a commencé en 1962, en 1967 on est tous partis à la guerre, on est revenus en 1969 et les digues étaient cassées. Il y avait de la richesse sur ces terres ici, mais la guerre a tout gâché. ». Ce sont les rizières à mangrove qui ont été abandonnées, faute de main d'œuvre pour entretenir les digues. Les rizières permanentes sous palmeraies et les rizières de bas fond au nord-ouest du village se sont bien maintenues. Dans un premier temps, le système agroforestier n'a apparemment pas trop changé, lui non plus.

Le village d'Apilho présentait cependant au moment de l'enquête un endiguement récent de rizières. Il s'agit d'une surface beaucoup plus grande qu'à Kamobeul puisque toute la partie amont d'un chenal a été endiguée. Lors de l'enquête, la digue était à peine finie et la mangrove à l'amont était encore

intacte. Le dépérissement lié à la fin de l'action quotidienne de la marée n'ayant pas encore débuté. La digue a été construite par une famille qui a décidé de reprendre cette activité en déclin ces dernières décennies.

### *Conversion d'une partie de l'agroforêt en vergers*

Dans les années 1980 a débuté la conversion de parcelles d'agroforêt en vergers d'anacardiens, d'une part, par la dégradation des digues d'autre part, parce que le besoin en pépinières sous agroforêt a quasiment disparu. En même temps, l'économie de nombreuses régions d'Afrique de l'Ouest s'est à cette époque monétarisée. Comme l'arachide dans le Bassin-Arachidier, le cajou en Guinée-Bissau est apparu comme la principale culture de rente et les villageois d'Apilho, à l'instar de ceux du reste du pays, se sont progressivement dédié à cette culture.

Ils ont donc transformé progressivement une partie de l'agroforêt sans remettre en cause, jusqu'à aujourd'hui, les autres pratiques de ce terroir, excepté le passage du temps de jachères de quinze à sept ans.

À Apilho, la mise en place des vergers constitue un changement significatif du finage, dans sa structure, dans l'organisation des activités et dans l'économie villageoise. Ainsi, dès le début de l'enquête au village sur les activités, l'exploitation des vergers d'anacardiens a été présentée comme la seconde activité la plus importante. « Après [le riz], ce qui est important ici c'est le cajou. »<sup>52</sup>

#### **Ampleur et conséquences de la conversion de l'agroforêt.**

Le développement de ces vergers, tellement décrié par les organismes de conservation de la nature, est ici perçu comme un choix individuel que chacun fait entre le riz et le cajou. Au sein de l'agroforêt, chaque famille peut décider ou non de rester dans le schéma traditionnel des cultures itinérantes sur brûlis ou d'ôter de ce système une parcelle qui sera plantée en cajou. « Si la forêt était vieille et que personne n'a cultivé depuis longtemps, s'il y a beaucoup d'arbres et un sol bien noir, on peut faire deux ans. Si c'est une petite forêt avec des sols un peu blancs comme ça, si tu fais un an c'est tout. Si tu fais une autre année c'est pas bon. Quand on laisse, on laisse pour sept ans. Sinon à la fin tu peux planter du cajou. Les trois premières années, les cajous ils ne sortent pas des fleurs. Au bout de trois ans les cajous ils vont commencer à sortir des fleurs. Pendant les trois ans, tu peux cultiver des choses comme le maïs ou l'arachide. Au bout des trois ans, quand il commence à sortir des fleurs on ne cultive jamais là-bas. ». À la fin d'une période de culture sur brûlis, certaines familles plantent des anacardiens sous lesquels ils cultivent pendant quelques années jusqu'à maturité des arbres qui ne permet plus de cultiver sous eux. C'est bien un choix économique qui est ici fait individuellement et ce progressivement depuis les années 1980. « On garde les forêts pour pouvoir toujours planter le riz. Mais si tu as beaucoup de plantations et si tu as le temps pour faire une plantation de cajou, ça permet d'avoir de l'argent, le cajou. À l'époque de leurs pères, il y a des jardins à côté de la maison avec les mangues et les cajous et les citrons, mais seulement pour manger, pas pour vendre. Avec l'indépendance en 1980<sup>53</sup>, ils ont commencé à planter des champs de cajou. » D'ailleurs, les chefs de famille sont bien conscients que cette grande pression sur l'agroforêt pourrait remettre en cause la pratique des cultures itinérantes sur brûlis qui demandent beaucoup de terres : « Avant on laissait plus de quinze ans les terres reposer. Maintenant on a moins de forêts donc on laisse moins se reposer la terre. Dans des terres qui sont à moi, je voulais les garder pour le riz, mais quand les pluies sont finies, je vais tout couper pour mettre du cajou, des mangues et du citron. » Ainsi, souvent le choix est-il d'une conversion très partielle de l'agroforêt. « la plupart des familles, elles ont fait un verger de cajou et puis c'est tout [...], et on cultive plein d'autres choses dans les forêts : le riz, le niébé, l'arachide, le mil. »

<sup>52</sup> Quand la question a été posée sous la dimension économique, la réponse semble porter à plus d'hésitation ou de discrétion. Le cajou a été évoqué avec un certain flou en deuxième place, après la pêche. « Ce qui apporte le plus d'argent c'est la pêche, le poisson ça se vend à un bon prix. Mais pour tout le village quand le riz est fini, quand le cajou est fini, que l'huile de palme est finie, qu'on a pêché toute l'année, c'est le Cajou qui apporte le plus d'argent au village après le cajou c'est l'huile de palme. » Si la pêche profite fortement à certaines familles en particulier, l'exploitation des vergers constitue un apport pour une plus large partie de la population villageoise, sinon pour son ensemble, notamment parce que les jeunes, s'ils ne bénéficient pas de la vente des cajous, peuvent travailler pour des propriétaires terriens en l'échange d'un salaire.

<sup>53</sup> L'indépendance est acquise en 1974.

Ainsi, il est difficile d'affirmer avec certitude que l'anacardier est ou va devenir d'ici peu un facteur de transformation totale du finage avec l'impossibilité de continuer les autres pratiques. Cependant, il est tout aussi difficile d'affirmer qu'il ne s'agit que de l'ajout d'un terroir au sein d'un finage, lequel modifiera légèrement le finage sans transformer totalement les paysages ou les pratiques.

#### Évolution des pratiques à Apilho (7.5.2)

Les pratiques à Apilho apparaissent basées sur le même système de rizières (et pépinières) et d'exploitation de l'agroforêt en contre-saison que celui étudié à Kamobeul. Cependant, un certain nombre de différences existent entre les deux systèmes. Premièrement, l'agroforêt est beaucoup plus variable et hétérogène que celle de Kamobeul. Deuxièmement, on y cultive un grand nombre de produits. Troisièmement, on y retrouve des vergers d'anacardiers qui constituent une des principales activités. Quatrièmement, le défriche-brûlis y est plus important, seuls quelques arbres sont laissés, créant des clairières plus visibles et une hétérogénéité plus grande du paysage agroforestier. Une autre différence notable est la pêche qui est ici plus développée, notamment par la présence d'acheteurs extérieurs au village. L'anacardier et la pêche constituent deux importantes rentrées d'argent pour l'économie du village.

Or, ce sont précisément ces pratiques qui sont apparues dans le finage, au détriment de la riziculture de mangrove, abandonnée à cause de la sécheresse et du manque de main d'œuvre. Notons que l'enrichissement (d'une famille au moins) grâce à ces pratiques a permis de financer un nouvel endiguement de mangrove qui va redonner une plus grande importance à ce terroir en recul.



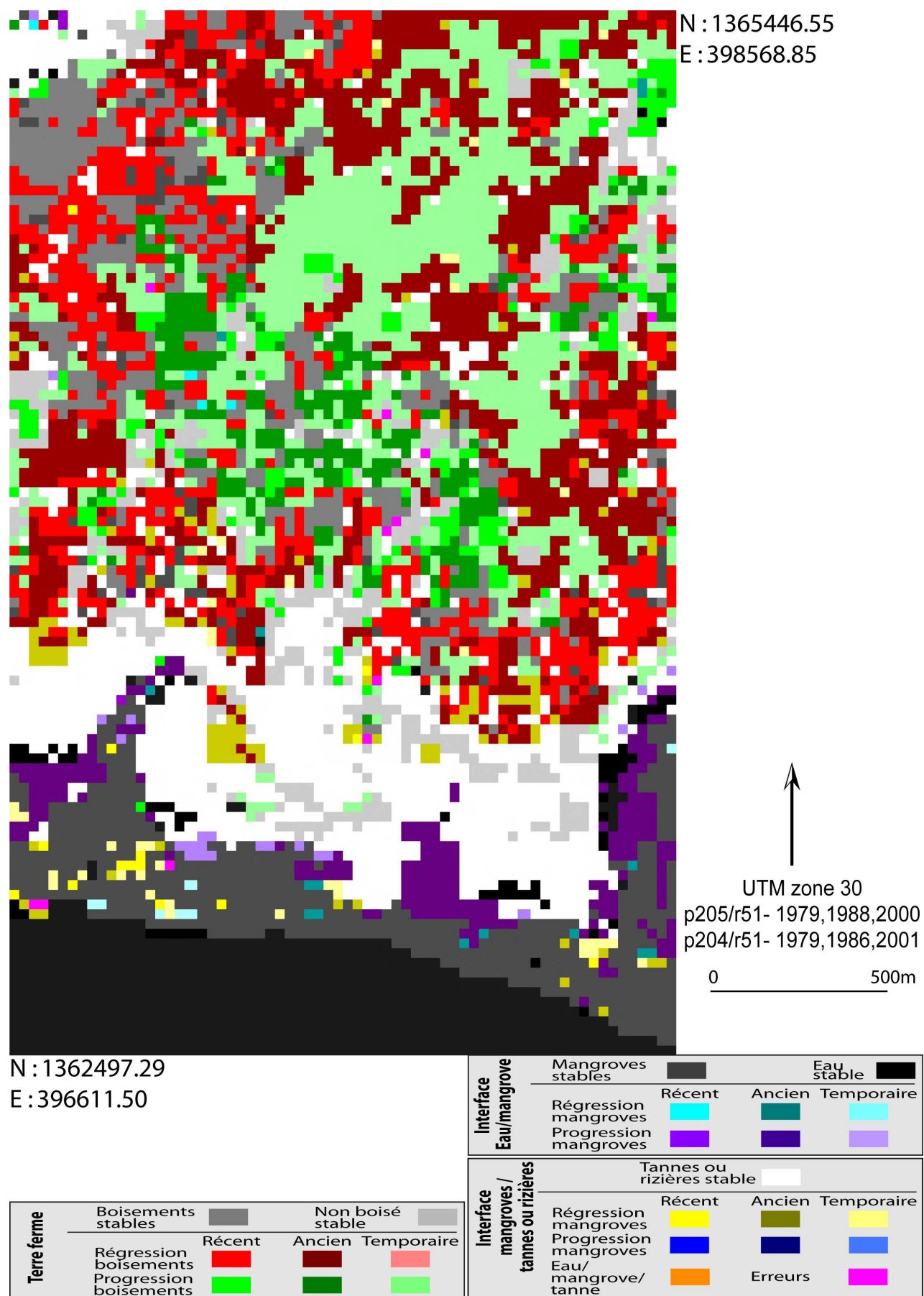


Figure 247 : Carte des changements de l'occupation du sol à Apilho

### 7.5.3. Mise en évidence des processus de changement à Apilho

Si le finage semble aujourd'hui permettre une gestion du bois et une production agricole, il s'agit tout de même de se demander si les évolutions récentes n'ont pas modifié cet équilibre. Pour cela, il s'agit de les examiner avec attention. La carte des changements de l'occupation du sol d'Apilho (7.5.2.1) permet de révéler une agroforêt connaissant de très importants changements (7.5.2.2), ainsi qu'une nette progression des mangroves (7.5.2.3).

#### 7.5.3.1. Changements de l'occupation du sol à Apilho

D'une part on observe une mangrove essentiellement stable d'autre part, des rizières, stables elles aussi, à l'exception d'un certain nombre de taches de progression récente de la mangrove. Trois d'entre elles sont d'assez grande superficie : l'une à l'est du micro-chenal au sud-est du village, une plein sud par rapport au village et une sur le flanc ouest du micro-chenal au sud-ouest du village (figure 248).

L'agroforêt est, elle, caractérisée par une variabilité très grande, surtout comparée à celle de Kamobeul, d'apparence remarquablement stable. Les cultures itinérantes sont donc ici directement lisibles sur la carte des changements (figure 248). On observe les parcelles ayant été en cultures (ou en jachères très jeunes) aux trois dates ainsi que les jachères longues ou vergers d'anacardiens. Seules deux grandes taches de reboisement temporaire (déboisé en 1979, boisé en 1988, déboisé en 2001) sont remarquables par leurs superficies, le reste étant essentiellement constitué de taches de quelques pixels de côté aux contours tortueux avec des îles.

#### 7.5.3.2. Enfrichement des rizières de mangrove

##### *Analyse paysagère*

La mangrove stable au delà des digues rompues est constituée rive de grands *Rhizophora racemosa* et de la formation mixte buissonnante qui s'étire jusqu'à la digue (figure 245a). De l'autre côté de la digue, on retrouve les anciennes rizières couvertes d'un semis de très jeunes arbustes et d'un bosquet de peuplement un peu plus ancien où l'enfrichement a débuté (figure 245b).

##### *Analyse rétrospective (figure 249)*

La coupe révèle deux ensembles très distincts. À gauche (au sud) de la coupe, en bas de la digue, la mangrove est continue, composée d'arbres de tous âges. La coupe débute par une série discontinue de rhizophoras au port arboré de 4 à 6 mètres. Sous eux on retrouve une génération de jeunes plantules qui peut se développer dans la mesure où la canopée n'est pas très dense et qu'une partie de la lumière s'infiltre. Dès quelques dizaines de mètres, les palétuviers montrent un port buissonnant. La partie de l'estran entre le dernier *Rhizophora mangle* au port arboré et la digue est caractérisée par une très grande homogénéité, en ce que l'on retrouve d'un bout à l'autre la même végétation composée de *Rhizophora mangle* et d'*Avicennia africana* dans une plus petite proportion, sous la forme de deux strates d'âges. Dans la strate adulte buissonnante, aucun individu n'apparaît comme réellement âgé bien que certains *Avicennia africana* semblent plus âgés que les rhizophoras les plus âgés. Une strate de jeunes plantules est assez importante et semble conforme à de nombreuses mangroves à très courte espérance de vie dans la mesure où les strates intermédiaires sont assez peu représentées. Un petit nombre de plantes de plusieurs années sont tout de même relevées dans les deux espèces, montrant qu'ici les deux espèces peuvent se régénérer sous elles-mêmes. À droite (au nord) en haut de la digue, la mangrove est ouverte, discontinue et composée de jeunes et très jeunes palétuviers. On retrouve dans cette coupe *Rhizophora mangle*, *Avicennia africana* et *Laguncularia racemosa*. La partie haute est séparée de la mangrove par la digue rompue par laquelle rentre et sort la marée portant l'eau salée, les dépôts vaseux et les propagules.

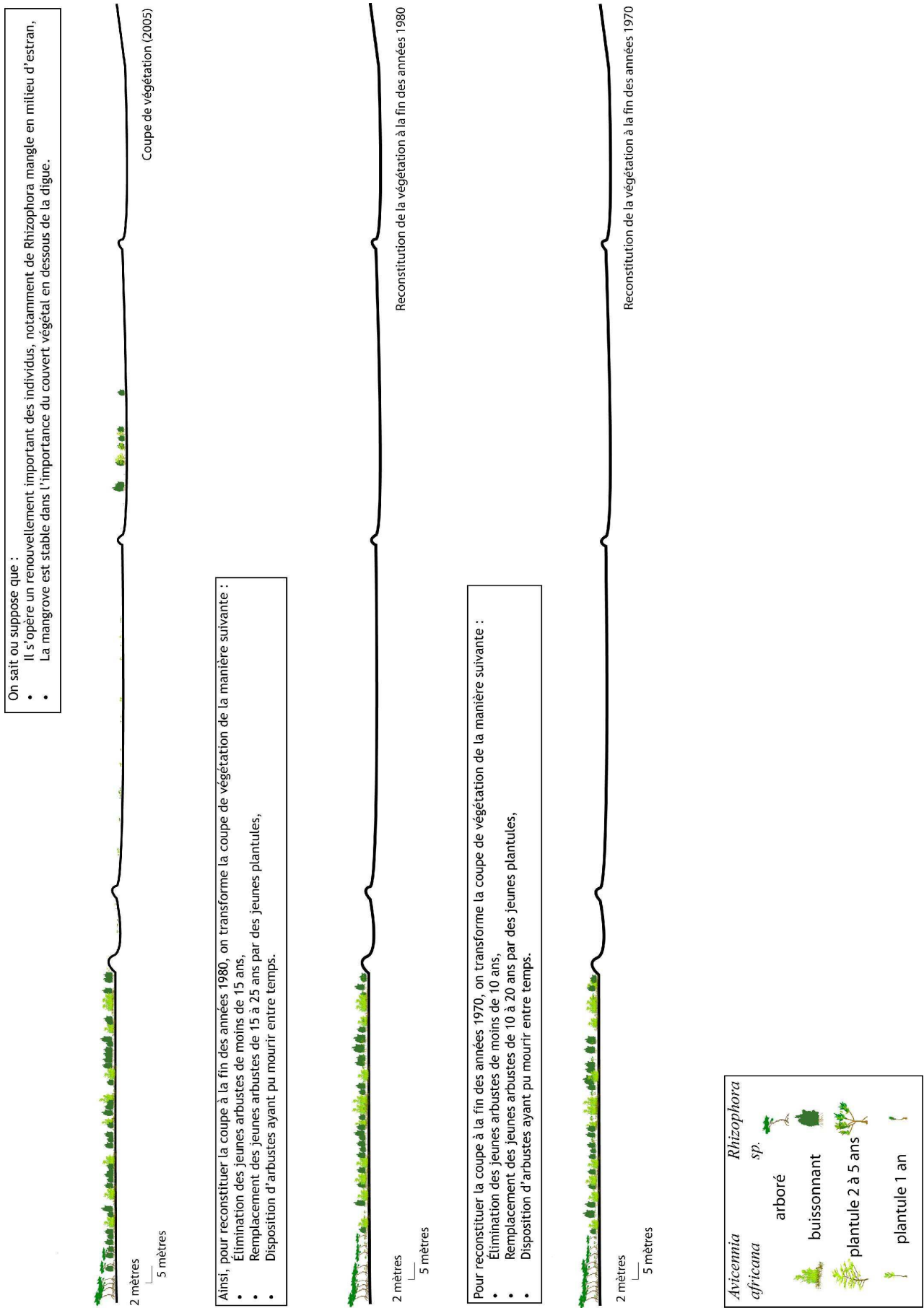


Figure 248 : Analyse rétrospective de la mangrove à Apihlo



Premièrement, on observe quelques jeunes plantules d'un à deux ans présentes sur l'ensemble de la coupe de façon très discontinue. Deuxièmement, un bosquet plus dense de palétuviers plus âgés (5 à 10 ans, 15 ans maximum), des trois espèces s'observe au centre de l'ancienne rizière. Ce bosquet s'est formé de part et d'autre d'un microchenal qui s'est reformé par érosion par le flux et le reflux de la marée depuis la rupture de la digue.

À la fin des années 1970, la coupe présente des rizières en activité ou récemment abandonnées, mais encore protégées par la digue. A la fin des années 1980, il semblerait que la mangrove n'avait pas débuté la reconquête de la rizière, la digue n'avait alors pas encore rompu. La végétation sous la digue est sensiblement identique à celle présente dix ans plus tôt et sensiblement identique à celle observées quinze ans plus tard.

Cependant en 2005, le village a endigué un secteur de mangroves pour la mise en place de nouvelles rizières. Ainsi, les rizières perdues qui s'enrichissent et les futures rizières se compensent, et ces deux changements ne constituent donc pas un changement de la structure du finage, ni d'un changement qui s'inscrit dans la continuité, mais d'une marge de flexibilité du finage qui a au contraire permis sa résilience.

### 7.5.3.3. Agroforêt en conversion en vergers d'anacardiens

#### *Fonctionnement « normal » de l'agroforêt*

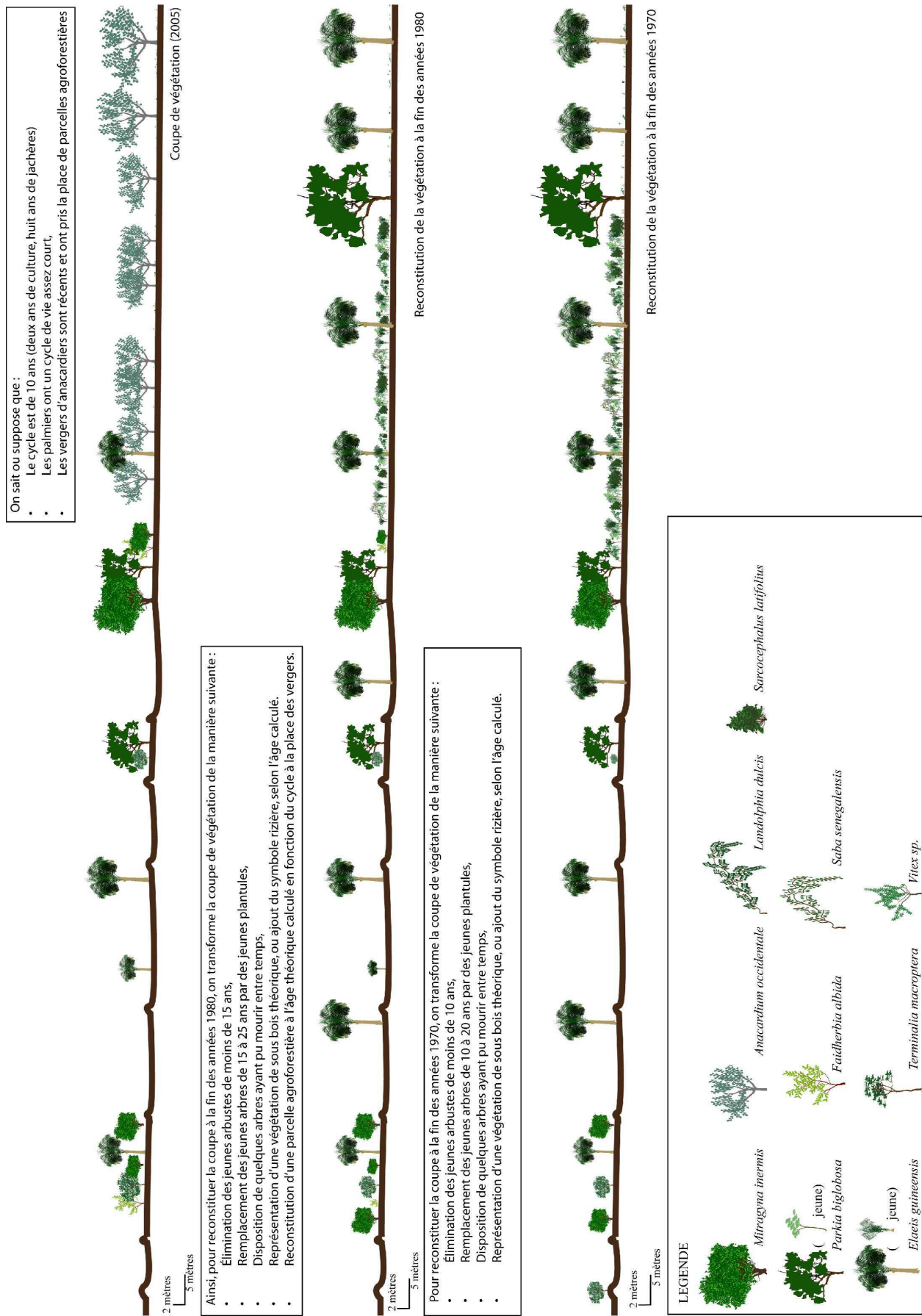
La figure 249 illustre trois parcelles différentes de culture itinérante sur brûlis. Tout d'abord, on aperçoit une jachère assez ancienne. On remarque que les recrues forestières, bien qu'assez hautes, ont encore un port buissonnant et que la grande quantité de lianes renforce l'aspect « fourré impénétrable ». La coupe a ensuite traversé une parcelle en culture.

Les palmiers, *Parkia biglobosa* et *Faidherbia albida* y sont épargnés. Une jeune jachère apparaît ensuite, on y voit une très grande quantité de recrues forestières équiennes de un à deux ans.

La première parcelle est une jachère haute estimée à 6 ou 7 ans. La photographie de la figure 244a montre une jachère estimée à 6 ou 7 ans. On y voit une structure horizontale assez complexe. On trouve de jeunes plantules de palmiers rôniers, des arbustes à plusieurs mètres de hauts et une très grande quantité de lianes qui s'élèvent au-delà de ces strates arbustives et où les strates ne se distinguent pas. La composition floristique est très large, on peut y recenser un grand nombre d'espèces : celles des friches et celles présente dans les forêts plus mures, les héliophiles et les ombrophiles...

La photographie de la figure 244b représente la parcelle en culture, il s'agit ici d'un champ de haricots « niébé » ; on y distingue les grands arbres épargnés lors du défriche-brûlis, on voit en outre qu'il ne s'agit pas que de palmiers, confirmant les importantes différences entre la gestion agroforestière à Apilho et à Kamobeul. On voit également les recrues forestières entre les sillons témoignant de la deuxième année de cultures de la parcelle qui sera mise en jachère dès la récolte. Une souche apparaît au deuxième plan à droite montrant que les arbres de taille moyenne sont taillés à un mètre de hauteur, ce qui permet un rejet de souche assez rapide. La coupe se situe sur une partie de la parcelle plus dominée par les palmiers à huile. Elle présente un certain nombre de souches et quelques recrues forestières. La photographie de la figure 244b montre la parcelle de jachère de un an à droite (est) de la coupe. On y voit une assez grande densité en palmiers quelques souches et un tapis continu de jeunes plantules constituées d'espèces de friches et de quelques espèces forestières. Ces caractéristiques apparaissent bien sur la coupe.

La coupe démontre que le cycle agroforestier est ici de dix ans, période comprenant deux ans de cultures et huit ans de jachères. On peut, en apportant les transformations au peuplement adulte pour lui donner l'apparence supposée de dix-sept ans plus jeunes, puis de neuf ans encore plus jeunes, retrouver les états de la fin des années 1980 et de la fin des années 1970.



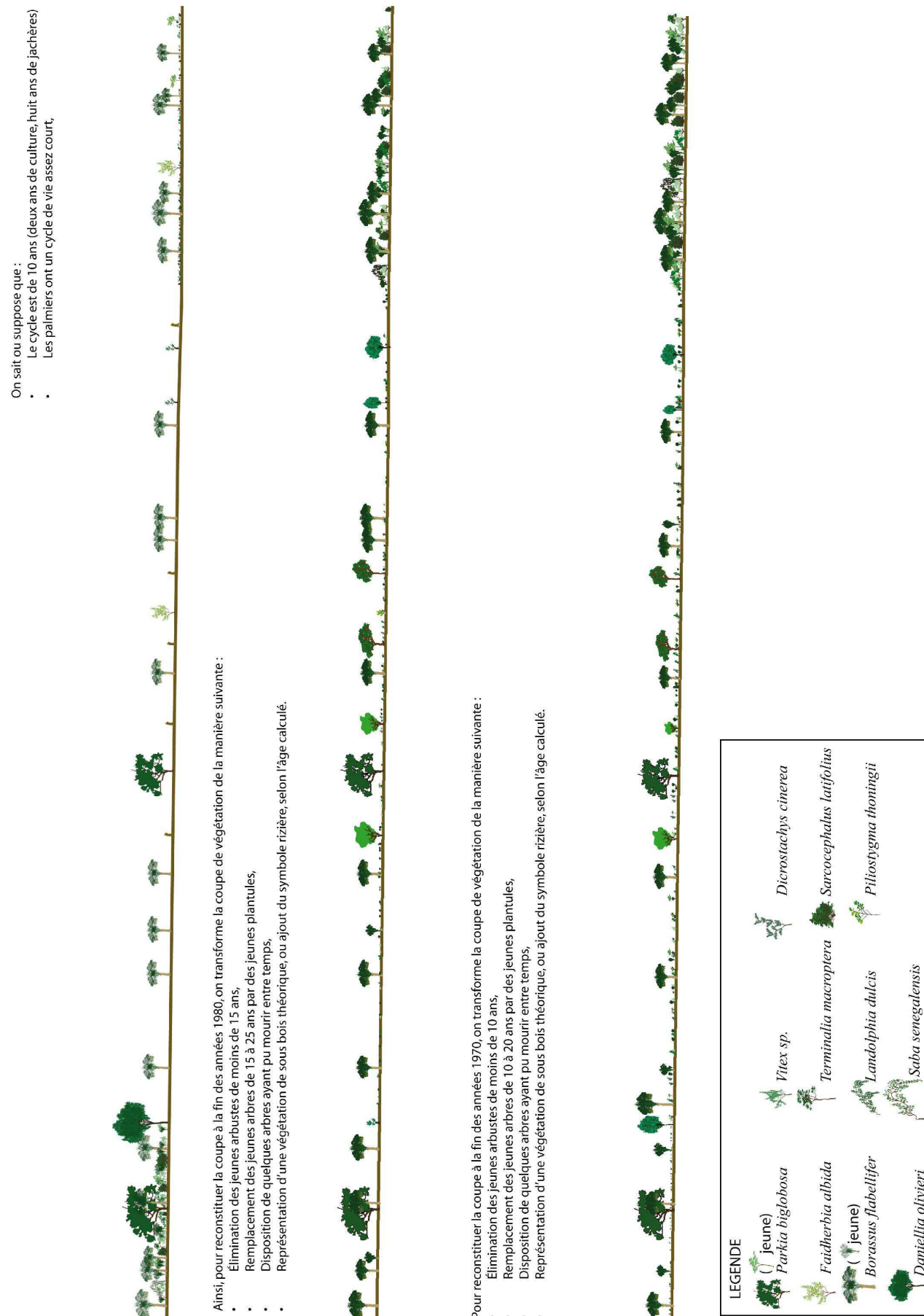


Figure 250 : Analyse rétrospective de l'agroforêt à Apilho



Ce qui transparaît dans l'analyse rétrospective est la stabilité des pratiques, en contraste avec l'ampleur des changements dans le couvert végétal au sein du cycle. En effet, les cycles agroforestiers de la palmeraie de Kamobeul n'apparaissant pas vu du ciel, la canopée étant maintenue continue. Ici, une partie du couvert ligneux haut est éliminé durant le défriche-brûlis ce qui fait passer les parcelles en cultures de l'état boisé à l'état non boisé et qui explique l'ampleur des changements cartographiés par analyse d'image satellite.

### *Conversion de l'agroforêt en verger*

La figure 250 montre les rizières permanentes sous palmeraie ouverte. On y voit quelques palmiers régulièrement répartis et deux bosquets qui sont localisés sur les termitières entre les casiers des rizières. On voit ensuite un verger d'anacardier avec ses jeunes plantules d'espèces forestières. La figure 250 nous apporte un certain nombre d'informations sur ces différentes unités du finage. On s'aperçoit que les pépinières permanentes sous palmeraie ouverte présentent des petits bosquets à *Mitragyna inermis* et *Neocarya macrophylla* sur les termitières et autres espèces non aménagées en rizières (digues, bords de chemins...); cette végétation semble, par la diversité des espèces et l'hétérogénéité des strates d'âges représentées, une végétation spontanée. La figure 243a montre les pépinières et rizières permanentes sous palmeraie ouverte, on y voit les palmiers à huile et *Mitragyna inermis* qui forment la strate arborée.

Concernant le verger d'anacardier, on distingue trois éléments de la végétation : tout d'abord, un palmier à huile (*Elais guineensis*) très haut et d'âge probablement supérieur aux anacardiens du verger. Il s'agit donc d'une relique de l'agroforêt, à la place de laquelle a été installé le verger. Deuxièmement, les anacardiens, dont deux strates d'âges se distinguent, à droite de la coupe (au nord est) sont d'âge supérieur aux autres anacardiens de quelques années. Le verger a donc été mis en place en deux temps. Probablement, sur deux parcelles différentes de l'agroforêt après leurs cultures respectives. Troisièmement, la strate basse est constituée d'un assez grand nombre de jeunes plantules d'anacardiens et des espèces de jachères de l'agroforêt tel que *Dichrostachys cinerea*, *Landolphia sp.*, *Saba senegalensis* ou *Vitex sp.* Aucune jeune pousse de plus d'un an n'a pu être observée, il y a donc une élimination régulière probablement annuelle des recrues forestières. La résilience de l'agroforêt après un verger d'anacardier semblerait assez grande.

Contrairement à la première, la deuxième coupe illustre un important changement au cours de ces dernières décennies, la conversion d'une partie de l'agroforêt en verger d'anacardier. Ce processus dont on a vu qu'il était une tendance dans toute la région (Vasconcelos et al., 2000) est ici confirmé, daté une parcelle a été plantée en anacardiens au début des années 1990, l'autre à la fin des années 1990. Une importante information résulte dans le constat que l'agroforêt pourrait assez facilement se reconstituer en cas d'abandon partiel de cette arboriculture.

En ce qui concerne la conversion de l'agroforêt en vergers, le passage de 15 à 7 ans de jachères lié à la diminution des terres disponibles pour le défriche-brûlis, a pu réduire la fertilité. Ainsi, le village n'est pas à l'abri d'un seuil de rétroaction positive où la raccourcissement des jachères va mener à l'appauvrissement des sols qui nécessitera de plus grandes surfaces cultivées chaque années, ce qui nécessiterait de réduire les temps de jachères... Cependant, à ce jour, il semble qu'avec les jachères de sept ans, l'agroforêt permette un grand nombre de productions : pépinières de riz, riz pluvial, haricots niébé, mil, arachide sur brûlis...

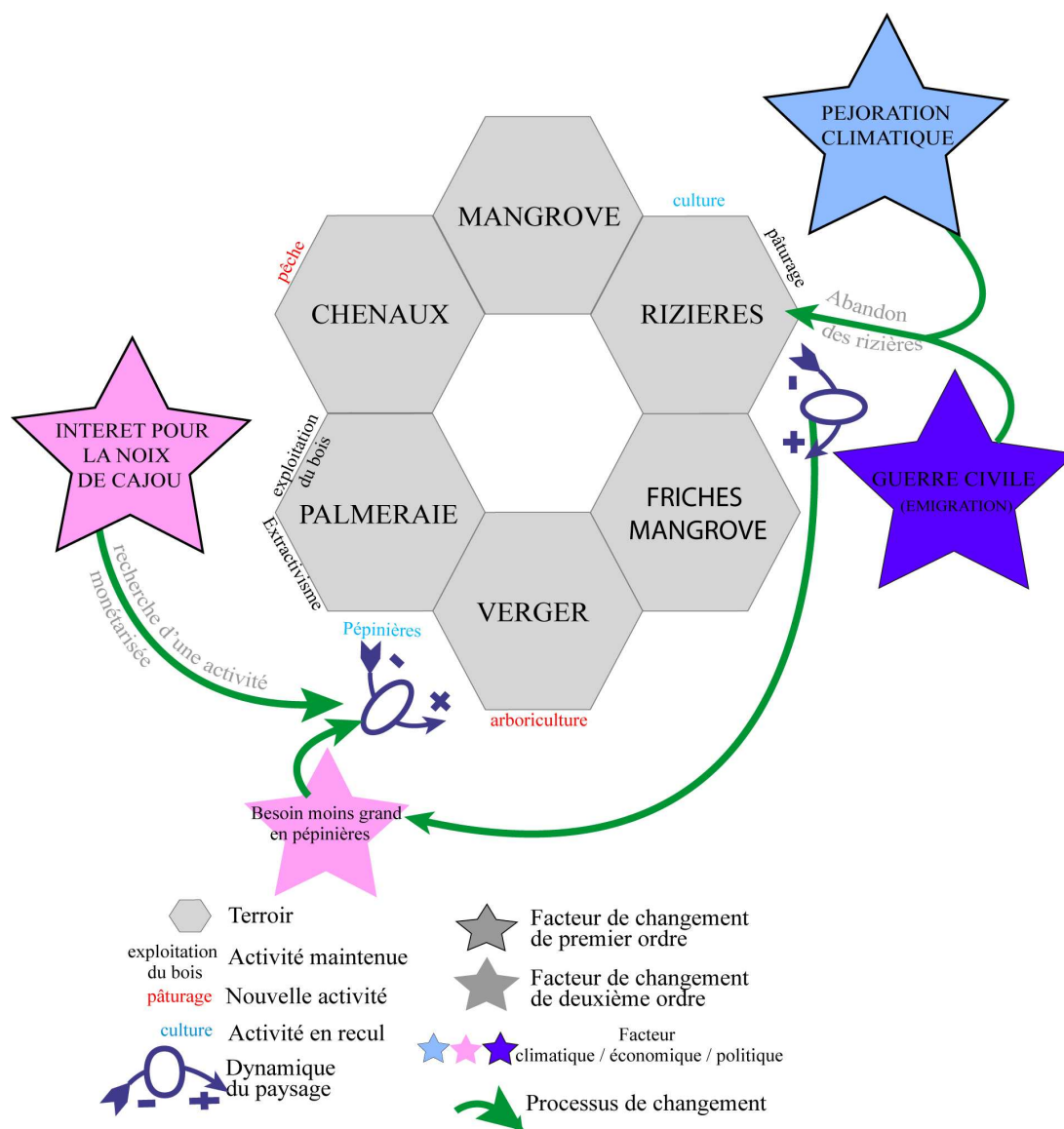


Figure 251 : Évolutions du finage à Apilho

### Mise en évidence des processus de changement à Apilho (7.5.3)

L'abandon de la riziculture montre que la reprise par la végétation de mangrove est rapide. La mangrove a donc assez amplement progressé réduisant à de très petites superficies les rizières de mangrove en activité. Les anciennes rizières pourraient constituer d'ici peu des formations boisées assez denses remplissant un certain nombre de services écologiques. L'examen des paysages du village a par ailleurs montré une nouvelle rizière en préparation. Ainsi le processus semble s'inverser aujourd'hui, ce qui justifie de ne pas considérer la dynamique comme une dégradation.

La conversion de l'agroforêt en vergers d'anacardier est un changement important du paysage agroforestier. Cependant, un verger d'anacardier reste une couverture boisée importante, qui remplit un certain nombre de services écologiques qu'il s'agirait de définir pour les comparer à l'agroforêt. De plus une partie, à ce jour suffisante, de l'agroforêt maintient son fonctionnement normal et préserve ses cycles de cultures et de jachères. Cette évolution est donc plutôt positive en ce qu'elle a conduit à une hétérogénéité favorable économiquement et probablement neutre écologiquement.

**Apilho (7.5)**

La progression de la mangrove au détriment des rizières est décrite dans la littérature comme une importante dégradation des paysages rizicoles (Ecoutin *et al.*, 1999) de la même façon que la conversion de l'agroforêt en vergers est considérée comme une dégradation des agroforêts. Or, d'une part, la mangrove apporte des ressources en bois et des services écologiques qui semblent équivalents aux capacités de production agricole et aux services écologiques des rizières. D'autre part, la question ne se pose probablement pas étant donné la mise en place d'une nouvelle rizière. Les changements sont donc neutres en milieu de vasière entre l'enfrichement d'une nouvelle mangrove et le défrichement pour une nouvelle rizière.

En ce qui concerne la conversion de l'agroforêt en vergers d'anacardier, les services écologiques rendus par l'agroforêt sont légèrement supérieurs à ceux rendus par le verger mais les apports économiques de ce dernier sont nettement supérieurs. Ainsi, cette évolution positive s'ajoute à l'évolution neutre des paysages de mangrove pour un bilan favorable de ce finage villageois sur lequel pèse cependant la menace d'une conversion trop massive de l'agroforêt qui pourrait ne plus suffire à un système de cultures itinérantes sur brûlis et pourrait mener alors, par appauvrissement des sols, à une dégradation de l'ensemble du système.

**Agencement et cinématique des paysages à l'échelle villageoise (7)**

L'étude de ces cinq villages montre que la complexité des paysages et des interactions entre paysages et pratiques doit être prise en compte pour examiner les bilans d'évolutions des superficies boisées ou toute autre évolution paysagère établie à l'échelle régionale. En effet, de grandes différences de cinématiques apparaissent similaires spatialement mais concernent des formations différentes et des processus très différents. Le tableau 22 synthétise les principales évolutions au niveau des éléments de paysages et leur interprétation en terme de qualité. Quatre éléments de paysages ont connu une dégradation, cinq une évolution neutre et trois une amélioration.

Il s'est également révélé très fructueux d'étudier les évolutions des mangroves et de la terre ferme car elles sont souvent contrastées et peuvent se compenser et nuancer des bilans qui auraient été établis en n'étudiant qu'une des deux familles de paysages du tableau 23. La tannification caractérisée, en soi, de dégradation pour le massif de mangrove l'est aussi pour l'ensemble des paysages de mangrove sur l'île de Diamniadio, en ce qu'elle aggrave le déséquilibre entre un tanne inexploité de très grande superficie et une mangrove très réduite, ne suffisant plus aux activités et aux services écologiques. Dans le cas de Kamobeul, la prise en compte du phénomène à l'échelle du paysage ne change pas l'avis de neutralité de l'évolution. La mangrove garde des proportions satisfaisantes et le nouveau paysage semble pouvoir permettre, autant que l'ancien, un équilibre des pratiques et des ressources.

Le recul de la riziculture à Diamniadio, neutre à l'échelle de l'élément de paysage devient une évolution positive si l'on la replace à l'échelle du paysage où l'on s'aperçoit que d'un système binaire de « pseudo-tannes » et de rizières très peu boisées, les paysages de Diamniadio s'enrichissent et diversifient les services écologiques et les pratiques



possibles. Le recul de la riziculture haute à Kamobeul, vu comme une dégradation à l'échelle de l'élément de paysage où les services rendus par la rizière sont nettement supérieurs à ceux rendus par une friche, devient une évolution positive si l'on la replace à l'échelle du paysage où l'on s'aperçoit que d'un système homogène de rizières très peu boisées, les paysages de Kamobeul s'enrichissent d'un élément de paysage nouveau qui diversifie les services écologiques, notamment en ce qui concerne les habitats naturels et la diversité de milieux sans menacer la riziculture qui occupe encore de larges espaces.

À l'échelle de l'élément de paysage ou à celle du paysage, l'ouverture du couvert forestier en forêt de Sangako, en agroforêt et en zone agricole constitue dans les trois cas de figure une diminution des ressources et des services, et donc une dégradation. Ce, d'autant que les deux dernières dynamiques se combinent pour aboutir à un appauvrissement des pratiques possibles. L'aménagement des végétations hydrophiles ouvertes en rizières, considéré en soi comme positif, l'est à plus forte raison si l'on examine la question à l'échelle du paysage où il apparaît très nettement que les rizières n'occupent pas de grandes superficies et peuvent croître au détriment de ces formations végétales qui, elles, sont assez largement répandues. Étudiée à l'échelle du paysage, la densification de la savane forestière apparaît également positive en ce qu'elle produit de l'hétérogénéité, laquelle permet une diversification des ressources et des habitats. Le recul de l'agroforêt d'Apilho au profit des vergers d'anacardiens, neutre à l'échelle de l'élément de paysage où ces deux éléments peuvent constituer un apport de valeur équivalente, apparaît à l'échelle du paysage plutôt positive en ce qu'une fois encore c'est une diversité qui apparaît, laquelle peut être considérée positive.

Deux des cinq villages ont connu une évolution neutre (tableau 24). Diamniadio, où les changements négatifs (tannification) compensent des évolutions positives (restructuration plus complexe et plus productive des paysages de terre ferme), et Kamobeul, où les changements de paysages sont minimes (enrichissement de la lisière agroforestière, création d'un nouveau bassin de pisciculture), ont tous les deux connu de grandes évolutions socio-économiques.

Bani a connu une dégradation des paysages de terre ferme résultant de choix agricoles malheureux pour la ressource ligneuse et d'un renforcement de la protection des mangroves, sans que le finage ait pour autant beaucoup évolué.

Deux villages ont connu une évolution positive. Apilho, à l'instar de Diamniadio, a diversifié production et éléments de paysages de terre ferme sans connaître une dégradation des paysages de vasière. Brefet a, par de minimes modifications des pratiques, amélioré son finage en densifiant les forêts et en concentrant les cultures là où elles sont les plus productives.

Diamniadio	Mangroves	Dépérissement	Dégradation
	Rizières - friches	Enfrichement	Neutre
Bani	Mangrove	Dépérissement, recul de l'exploitation	Neutre
	Forêt classée	Dynamique régressive	Dégradation
	Terrains agricoles	Dynamique régressive	Neutre
	Agroforêt	Dynamique régressive	Dégradation
Brefet	Végét. hydrophile - rizières	Aménagement en rizières	Amélioration
	Forêt communautaire	Densification	Amélioration
Kamobeul	Mangrove	Aménagement	Amélioration
	Rizières	Abandon, enfrichement	Dégradation
Apilho	Rizières	Abandon, puis aménagement	Neutre
	Agroforêt	Conversion en vergers	Neutre

**Tableau 22 : Appréciation des changements à l'échelle des éléments de paysage**

Diamniadio	Recul des mangroves	Progression du tanne	Dégradation
	Recul des rizières	Apparition de pâturages	Amélioration
Bani	Recul de la savane forestière	Progression de la savane ouverte	Dégradation
	Recul des champs complantés, bordés de buissons	Apparition de sols nus	Dégradation
	Recul de l'agroforêt	Progression des champs	Dégradation
Brefet	Recul de la végétation hydrophile	Progression des rizières	Amélioration
	Progression des savanes forestières	Recul des savanes ouvertes	Amélioration
Kamobeul	Recul des mangroves	Progression des rizières basses	Neutre
	Recul des rizières hautes	Apparition de boisements ouverts	Amélioration
Apilho	Recul de l'agroforêt	Apparition des vergers	Amélioration

**Tableau 23 : Appréciation des changements à l'échelle des paysages**

Diamniadio	Recul des mangroves	Progression du tanne	Dégradation
	Recul des rizières	Apparition de pâturages	Amélioration
Bani	Recul de la savane forestière	Progression de la savane ouverte	Dégradation
	Recul des champs complantés, bordés de buissons	Apparition de sols nus	Dégradation
	Recul de l'agroforêt	Progression des champs	Dégradation
Brefet	Recul de la végétation hydrophile	Progression des rizières	Amélioration
	Progression des savanes forestières	Recul des savanes ouvertes	Amélioration
Kamobeul	Recul des mangroves	Progression des rizières basses	Neutre
	Recul des rizières hautes	Apparition de boisements ouverts	Amélioration
Apilho	Recul de l'Agroforêt	Apparition des vergers	Amélioration

**Tableau 24 : Appréciation des changements à l'échelle des finages**

## 7.6. De la dégradation de l'élément de paysage à la dégradation de la structure régionale des paysages

Pour conclure cette thèse, il est nécessaire d'extrapoler les résultats de ces enquêtes. L'extrapolation est une question toujours délicate, quelles que soient les données ponctuelles et l'ampleur de l'espace autour desquelles il est nécessaire de les extrapoler. Sans avoir mis en place de réelles techniques d'extrapolation totale depuis le finage jusqu'à l'ensemble des régions septentrionales des Rivières-du-Sud, un certain nombre de données d'échelles intermédiaires à ces deux niveaux permettent de poser quelques hypothèses et d'avancer quelques indications sur ce qui est de l'ordre de la particularité locale et ce qui peut être généralisable à des niveaux supérieurs. Pour cela, nous nous proposons de comparer les villages entre eux pour voir ce qui peut être commun à deux régions limitrophes ou à deux villages de même ethnie, ou d'un même État (7.6.1). Ensuite, il s'agira de replacer le village ou les types de villages dans leur sous-région, voire dans leur région, pour arriver à un bilan d'échelle suffisamment petite pour pouvoir se prononcer, enfin, sur la dégradation des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud (7.6.2).

### 7.6.1. Comparaison des finages, et de leurs évolutions

Pour pouvoir passer de l'échelle du finage aux échelles inférieures (micro-régionale et macro-régionale), il est d'abord nécessaire de comparer les villages entre eux. Ces comparaisons seront une première étape de quelques tentatives de généralisation des bilans d'évolution des paysages, nécessaire pour répondre à notre question. Nous utiliserons les enquêtes pour effectuer ces comparaisons d'abord d'un point de vue analytique en s'appuyant sur la lexicométrie pour, en comparant les discours, comparer les villages du point des vues des pratiques (7.6.2.1) et des évolutions paysagères et socio-économiques (7.6.2.1). Ensuite, d'un point de vue plus synthétique, nous reviendrons sur les évolutions systémiques pour proposer une comparaison plus globale des évolutions paysagères à l'échelle du finage (7.6.2.1).

#### 7.6.1.1. Comparaison des pratiques par lexicométrie

##### Corpus de l'enquête

Le corpus est constitué de deux séries d'enquêtes légèrement différentes. La première série est celle sur laquelle s'est appuyée ce début de chapitre sur les cinq villages. Une deuxième série a été intégrée et comprend trois nouveaux villages (Bossinkang, Bassar, Niodior) où la question de la filière bois - récolte et consommation - a été assez longuement développée durant des recherches précédentes. Le village de Diamniadio a été enquêté en deux fois : la première fois pour les questions forestières avec les autres villages insulaires du Saloum, la seconde pour compléter l'enquête par les questions ayant trait au finage et à l'ensemble des dynamiques paysagères pour le mettre au niveau des quatre autres enquêtes de la première série.



On peut profiter de cette double enquête à Diamniadio pour procéder à un petit test de l'homogénéité des discours au sein du village et confirmer la fiabilité de la caractérisation d'un village par les fréquences d'utilisation des mots qui lui sont propres. En effet, le plan 1/2 de l'A.F.C. nous démontre que les discours du village de Diamniadio dans les deux enquêtes aux questions différentes présentent une grande similarité. En effet, il s'agit des deux individus les plus proches sur le plan factoriel (figure 253). Bien au-delà, il s'agit de confirmer que le discours des habitants d'un village présente des particularités qui permettent d'autoriser sa caractérisation par le discours des villageois, ce résultat confirme aussi que l'on peut comparer des enquêtes dont les questions varient et où les thèmes traités ne sont pas strictement identiques.

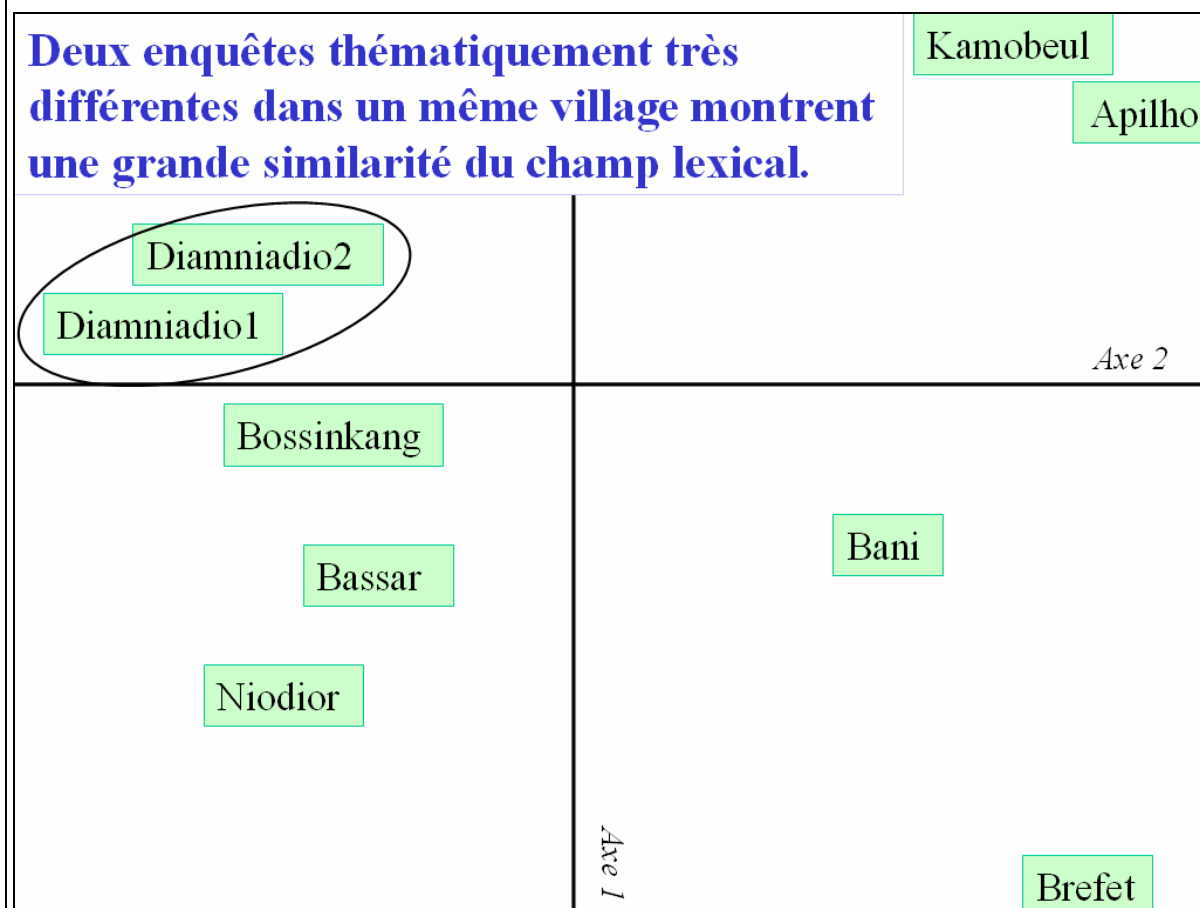


Figure 252 : Similarité des discours d'un même village sur deux enquêtes

Ensuite, une fois démontrée la pertinence d'étudier ensemble les deux séries d'enquêtes, on peut voir qu'il existe une assez bonne différenciation des villages en fonction des activités qui leur sont propres (figure 254).

Pour justifier cette différenciation, on peut étudier les spécificités des mots liés aux activités agro-sylvo-pastorales. Or on voit, figure 255, que les mots les plus importants liés à celles-ci varient conformément à la structure du plan factoriel. Le mot « Riziculture » est positivement spécifique au Sud, les mots liés à culture de terre ferme sont positivement spécifiques en Gambie et dans le Saloum continental. Le vocabulaire de la récolte des coquillages est positivement spécifique dans les villages des îles du delta du Saloum et négativement spécifique dans les autres villages.

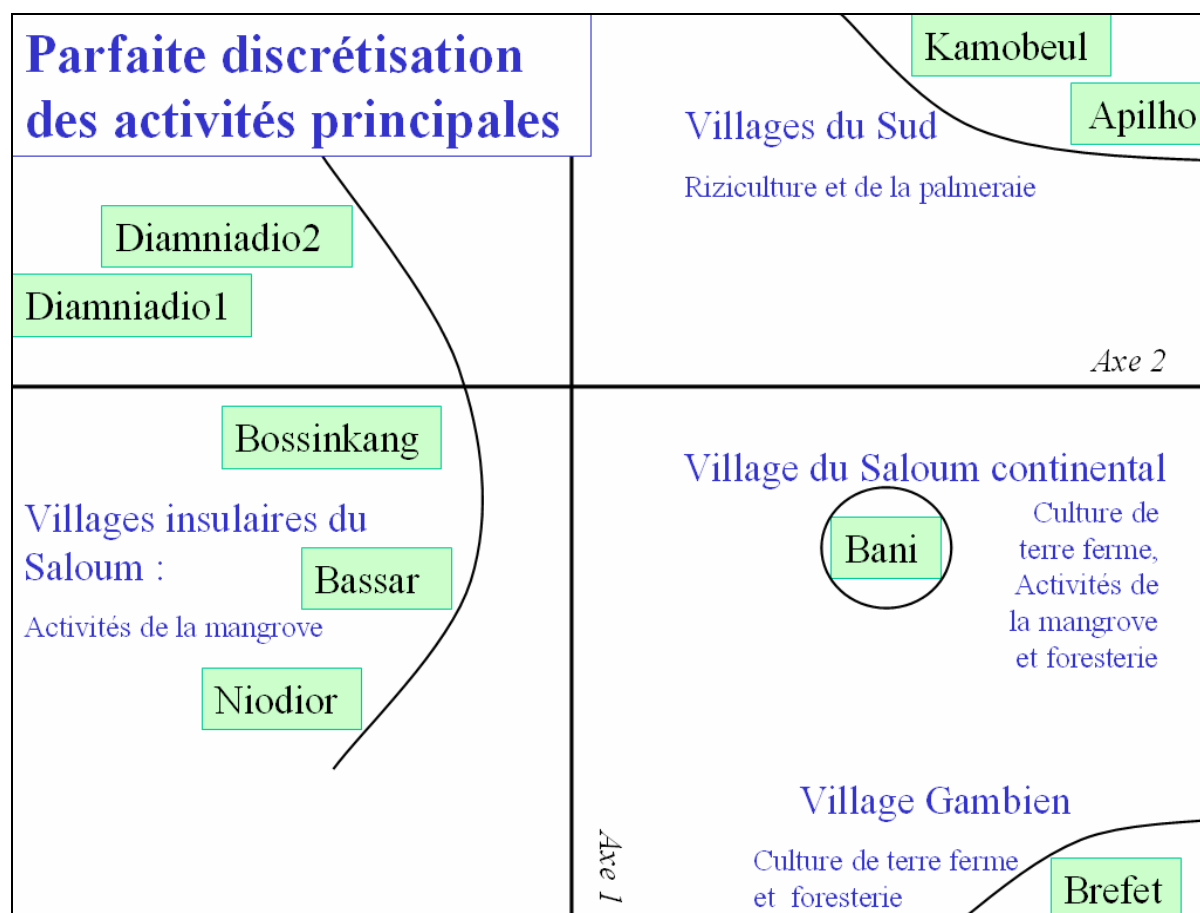


Figure 253 : Discrétisation des villages par A.F.C. sur les fréquences d'emploi des mots

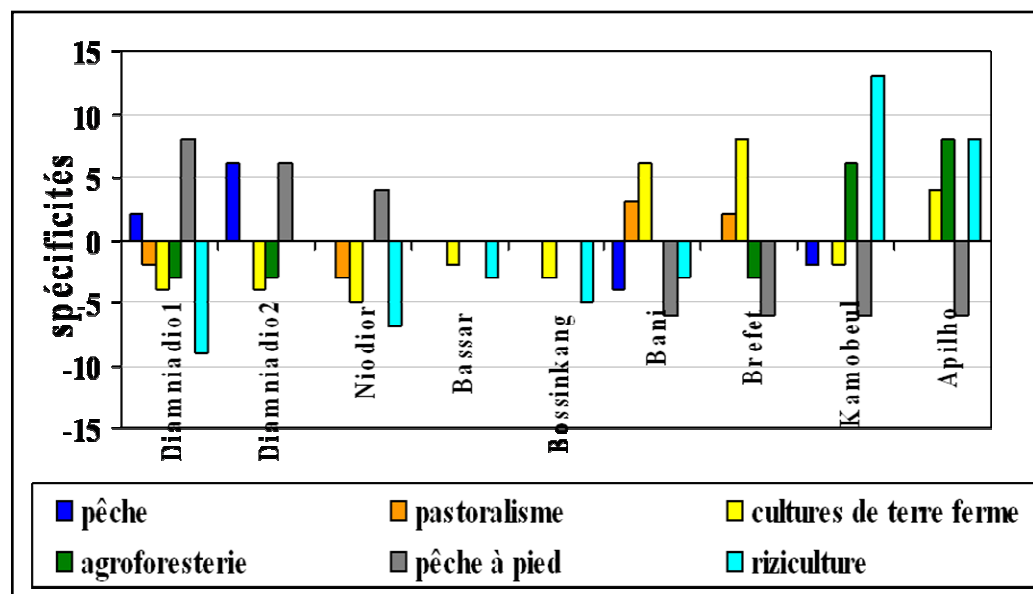


Figure 254 : Fréquences d'emploi des mots liés aux activités

Les mots qui décrivent les paysages varient eux aussi également, bien que tous les villages soient entourés de savanes (plus ou moins denses) et de mangrove. Cependant le mot « forêt » est très positivement spécifique de la Gambie et négativement presque partout ailleurs, la mangrove n'est spécifique qu'à Niodior et à Bossinkang. Bani oppose brousse et champ. Cette étude montre bien que la perception du paysage varie selon des critères culturels et non selon le milieu.

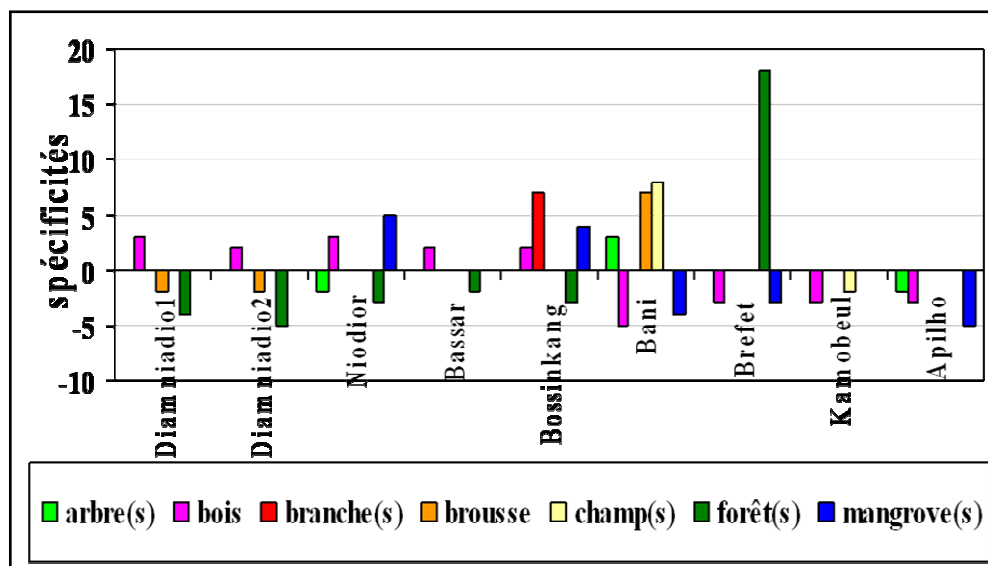


Figure 255 : Fréquences d'emploi des mots liés au paysage

On peut regrouper les villages pour mettre en évidence une dichotomie entre les villages du Saloum et les autres villages où « poisson », « bois », « mangrove » et « huîtres » sont significativement peu utilisés et où « riz », « rizières » et « forêt » sont fréquemment utilisés.

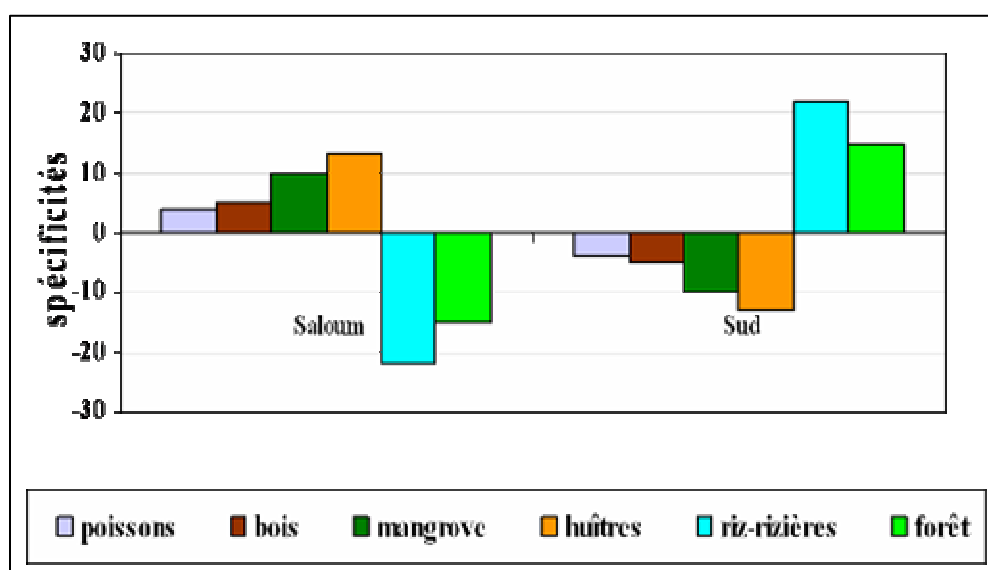


Figure 256 : Distinction des villages insulaires du Saloum des villages du continent

En conclusion de cette analyse, on peut définir un profil commun aux discours tenus dans les villages insulaires du Saloum, assez proche du village du Saloum sur le continent, lequel est intermédiaire entre le discours propre au Saloum et le discours du village Gambien. Les deux villages méridionaux ont eux aussi des discours assez proches (figures 256 et 257).

### 7.6.1.2. Comparaison des discours sur les changements

Lorsque l'on étudie les contextes dans lesquels sont employés dans les différents villages les mots indicateurs de discours sur les changements, on aperçoit quels changements sont importants pour les enquêtés (figure 258).



## Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud

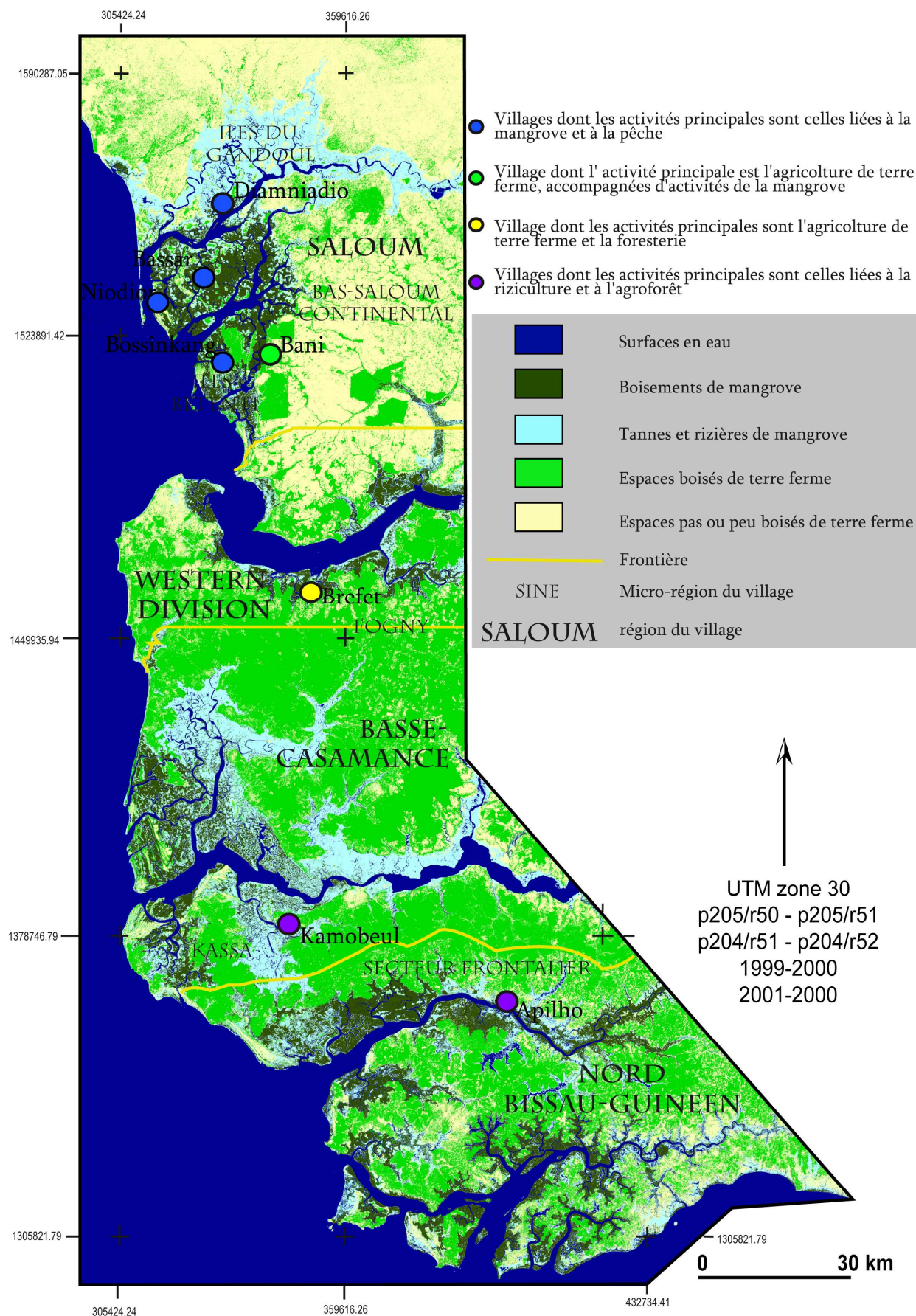


Figure 257 : Typologie des villages par analyse lexicométrique

Ainsi, à Diamniadio, sur cinq emplois du mot « avant », tous se réfèrent aux anciennes techniques de pêche. Sur trois emplois du mot « maintenant », l'un se rapporte encore aux évolutions des techniques de pêche et deux aux dynamiques de la mangrove, le dépérissement et le reboisement par l'O.N.G. W.A.A.M.E. L'emploi du mot « commencé » concerne le dépérissement des mangroves. « Il y avait » a été employé quatre fois dont trois significatives, une pour la pluie qui a régressé, une pour le fourrage des années sèches et une pour la disparition de la mangrove.

À Bani, où ni « avant », ni « commencé » ne sont utilisés, « maintenant » se réfère aux nouveaux métiers qui sont de moins en moins liés aux activités rurales. L'utilisation de l'expression « Il y avait » donne plus de résultats et concerne la question des feux, de leur emploi pour la disparition des phacochères.

Brefet a employé six fois le mot « commencé », toutes dans le cadre des discussions sur la forêt classée, sa mise en place et ses conséquences (vente de bois, interdiction de la chasse et croissance des populations animales). Quatre usages du segment « il y avait » évoquent un portrait de la situation préalable à la forêt communautaire (économie individuelle, feux fréquents, exploitation incontrôlée, chasse).

À Kamobeul, le mot « avant » est employé trois fois : pour parler de la disparition de la fabrication d'alcool de cajou, du recul de la riziculture et de la péjoration de la pluviosité. « Maintenant » se réfère à la modification des croyances et des pratiques socio-religieuses. « Il y avait », employé sept fois, se réfère quatre fois aux rizières en recul, deux fois à la pluie insuffisante et une fois à la main d'œuvre manquante.

À Apilho, « avant » est employé pour le raccourcissement des jachères et « commencé » à propos de la culture de l'anacardier.

Diamniadio et Kamobeul apparaissent comme ceux qui traitent les plus des évolutions. En outre, ces évolutions sont communes : régression de la pluviosité, avec ses conséquences sur la riziculture préalablement activité maîtresse du système et les conséquences sur les autres activités. Kamobeul emploie lui aussi assez fréquemment ces mots et expressions et ici aussi c'est pour définir le changement le plus marquant d'un point de vue des pratiques.

Ainsi, outre le dépérissement des mangroves qui touche très fortement les villageois de Diamniadio (qui sont de plus largement sensibilisés sur ce thème par l'ONG de reboisement), les discours sur les changements s'attachent aux évolutions des pratiques bien plus qu'à celles des paysages, ce qui explique que Bani, dont les pratiques ont assez peu évolué, mais dont les paysages ont été assez nettement (quoi que très progressivement) dégradés, ne s'exprime que très peu sur ce thème.

### 7.6.1.3. Comparaison des villages sur l'appréciation globale des enquêtes

#### *Diamniadio, un cas particulier de bouleversement majeur du finage*

Diamniadio, sous le coup de la sécheresse, a connu deux transformations physiques majeures de son finage : le dépérissement des mangroves, dont a résulté la modification de la faune halieutique des chenaux et la salinisation des sols de l'intérieur de l'île, ayant mené à un recul de la riziculture. La sécheresse et ses conséquences auraient pu constituer une crise majeure, en rendant impossible les deux uniques activités du village. Cependant, un agent extérieur au système, avec la création d'une filière commerciale de l'ethmalose par les marchands guinéens, a constitué le pivot d'une transformation majeure du finage. Premièrement, les rizières ont pu être partiellement abandonnées grâce à la création d'une nouvelle activité rémunérée. Deuxièmement, cet abandon rizicole et cette monétarisation de l'économie se sont parfaitement combinés pour la mise en place d'un troupeau et d'espaces de pâturages. C'est donc un nouvel équilibre qui a très vite été trouvé.

#### *Bani et Brefet, une situation de départ proche et une divergence importante liée à des choix économiques*

Bani et Brefet sont très comparables par leur situation de départ : même ethnie, mêmes unités de terroir si l'on échange les rizières de Brefet et l'agroforêt de Bani, même double crise de la sécheresse et

des cours de l'arachide. Cette comparaison permet de s'interroger sur la raison des grandes différences entre les deux finages aujourd'hui.

Face à la crise arachidière, les villageois de Bani ont choisi le « *gnitatou bagane* » : l'extension maximale des zones de culture pour atténuer le risque climatique et économique à moindre coût, ce surtout tant que les États ont fourni des semences en grande quantité. Il en a résulté une dégradation du terroir agricole, un déboisement et une plus grande érosion des sols. Plus ou moins directement, le terroir agroforestier s'est dégradé selon des modalités assez proches et a été converti à la culture de l'arachide. La nette diminution de la ressource ligneuse des zones agricoles et agroforestières et le renforcement des protections de la mangrove ont mené à une concentration des pratiques dans la moins surveillée des forêts interdites : la forêt classée de Sangako. Celle-ci, à l'instar des zones agricoles, connaît une trop grande pression et se dégrade progressivement.

Quand les villageois de Bani ont choisi d'étendre les zones de culture, les villageois de Brefet les ont partiellement abandonnées et se sont concentrés sur les autres activités. La riziculture s'est accrue à cette période à Brefet. En outre, la réduction des terres vouées à l'arachide a permis une intensification, notamment en concentrant les apports de fumure du troupeau. Quand les gestions forestières extérieures du Bas-Saloum ont montré leurs forces et leurs faiblesses, et que les activités se sont concentrées là où l'on pouvait le plus aisément prélever illégalement, le Fogny s'est doté lui-même d'une structure de gestion dont il était jusque-là dépourvu. L'autogestion se révèle, après treize années de foresterie communautaire à Brefet, infiniment meilleure au contrôle que l'État exerce en forêt classée, participant à l'évolution positive du finage de Brefet, tant économique qu'écologique.

Les deux villages ont donc divergé par leur choix face à un même problème. À ce jour, il paraît clair que le choix de Brefet était le plus pertinent.

### *Apilho et Kamobeul, une situation de départ proche et une divergence importante liée à des choix sociaux*

Une fois encore, nous effectuerons une comparaison des deux villages basée sur la situation de départ en ce qui concerne les unités de terroir et sur la confrontation à deux situations très proches.

Face à la sécheresse et à une perte de main d'œuvre, Kamobeul a essayé de résister. Les pratiques sont restées volontairement les moins changées possibles. Ainsi, la riziculture a régressé malgré les villageois toujours présents qui espèrent encore une possible reconquête « *Mais quand on a besoin de cultiver, on vient couper tous les arbres, on les laisse là-bas, on brûle tout juste avant de cultiver. [...] Mais si un jour, tu peux cultiver plus de rizières, tu peux y retourner et cultiver là-bas.* » Il en a résulté une remarquable stabilité des pratiques et des paysages agroforestiers qui n'ont que très légèrement et très récemment connu quelque percées de pépinières permanentes.

Face à la même sécheresse et à une perte de main d'œuvre tout aussi importante, Apilho s'est adapté et a d'une part accepté d'abandonner une large partie des rizières de mangrove, et d'autre part a monétarisé son économie grâce à la culture du cajou. Ainsi, les paysages de rizières de mangrove ont très fortement évolué sous le coup d'un enrichissement par la mangrove. La demande en pépinière ayant diminué au fur et à mesure que la demande en argent s'est faite ressentir, l'agroforêt a été progressivement convertie à la culture de l'anacardier. Cette adaptation permet aujourd'hui à certaines familles assez nombreuses et prospères d'endiguer les mangroves pour créer de nouvelles rizières de mangroves et faire reprendre à son finage un aspect plus proche de celui qu'il avait avant la sécheresse.

Ainsi, cette adaptation se révèle être plutôt une résilience, qui permet d'atteindre l'objectif visé par les villageois de Kamobeul qui ont choisi la résistance basée sur le maintien de l'activité principale : la riziculture de mangrove.



### Comparaison des finages et de leurs évolutions (7.6.2)

Les pratiques de Bani et de Brefet sont assez proches et celles d'Apilho et de Kamobeul le sont beaucoup. Les discours de Diamniadio et de Kamobeul sur les changements présentent des similarités. La comparaison des dynamiques met en valeur un certain nombre de principes communs qu'on aimerait considérer comme généraux et énoncer sous forme de règles. L'importance des interactions, des enchaînements et des rétroactions en est la première, qui se retrouve dans les cinq situations. L'importance des choix, notamment du choix de s'adapter aux évolutions en pariant sur un avenir inconnu (Diamniadio, Brefet, Apilho) ou celui de résister en affrontant un changement non souhaité (Bani, Kamobeul) est la deuxième règle. C'est en fonction de cette deuxième règle que l'on peut faire deux groupes, et en fonction de la première que l'on peut affirmer que les rétroactions positives sous forme de cercle vicieux ont porté Bani à la dégradation et Brefet à l'amélioration. Cependant, il n'est pas possible de regrouper les villages en types d'évolution qui puissent être généralisés à une zone englobant plusieurs villages. Les cinq cas apparaissent très clairement différents dans leurs évolutions et les évolutions les plus comparables ne sont ni les villages les plus proches géographiquement ni les plus similaires culturellement et politiquement.

## 7.6.2. De la dégradation du finage à la dégradation de la structure régionale des paysages

Si les cinq villages sont cinq cas de figure bien distincts, cela ne signifie pas que chaque village des régions septentrionales des Rivières-du-Sud soit un cas particulier, loin de là. Ainsi nous allons examiner progressivement les possibilités de généralisation et de spatialisation des dynamiques des systèmes ruraux pour savoir quelle ampleur prennent, aux échelles régionales, les dynamiques d'amélioration, les états neutres et les dynamiques de dégradation. Nous allons réfléchir sur la représentativité des cinq villages à l'échelle micro-régionale (7.6.3.1), et proposer une technique d'extrapolation directe à l'échelle macro-régionale (7.6.3.2).

### 7.6.2.1. Les cinq cas d'études et leur entourage

#### *Diamniadio est-il représentatif des îles du Gandoul ?*

Les villages insulaires des îles du Gandoul sont assez peu nombreux, ce qui rend déjà compte d'un point important, le cas n'est généralisable qu'aux îles occupées par un village. Nous proposons de comparer nos résultats au village de Baout (figure 259). Baout est un village se situant de l'autre côté du fleuve Saloum, au sud-est de Diamniadio. L'île, de forme allongée et bordant le fleuve, est occupée par deux villages et un campement saisonnier. A l'instar de Diamniadio, les villages semblent assez fortement orientés vers la pêche et les activités insulaires comme en témoigne le nombre de pirogues. Le centre de l'île est occupé par les mêmes éléments de paysages : rizières, "pseudo-tannes" et rizières en friches. Ce qui laisse supposer que la salinisation des sols a eu lieu ici aussi et que les rizières sont également abandonnées en partie. La présence de fours complète la similarité des deux villages sur le plan économique. On peut supposer que les villages ont connu une évolution similaire. **Ainsi Diamniadio apparaît comme totalement représentatif de son environnement micro-régional.**

Notons que la mangrove est ici plus développée, ce qui est conforme au gradient de densité des boisements du nord au sud du Saloum et qui ne remet pas réellement en cause l'apparente ressemblance des deux villages et de leurs évolutions récentes.

#### *Bani est-il représentatif du Bas-Saloum continental ?*

Bani est l'un des villages d'un chapelet qui longe le delta entre des deux forêts classées de Sangako et de Fathala. Quelques kilomètres plus au sud se trouve Nema (figure 260). Nema se situe également en bordure de la mangrove avec un accès portuaire. Le terroir est composé d'espaces agricoles apparemment similaires à ceux de Bani, l'agroforêt est ici aussi présente et, à l'instar de Bani, assez réduite.

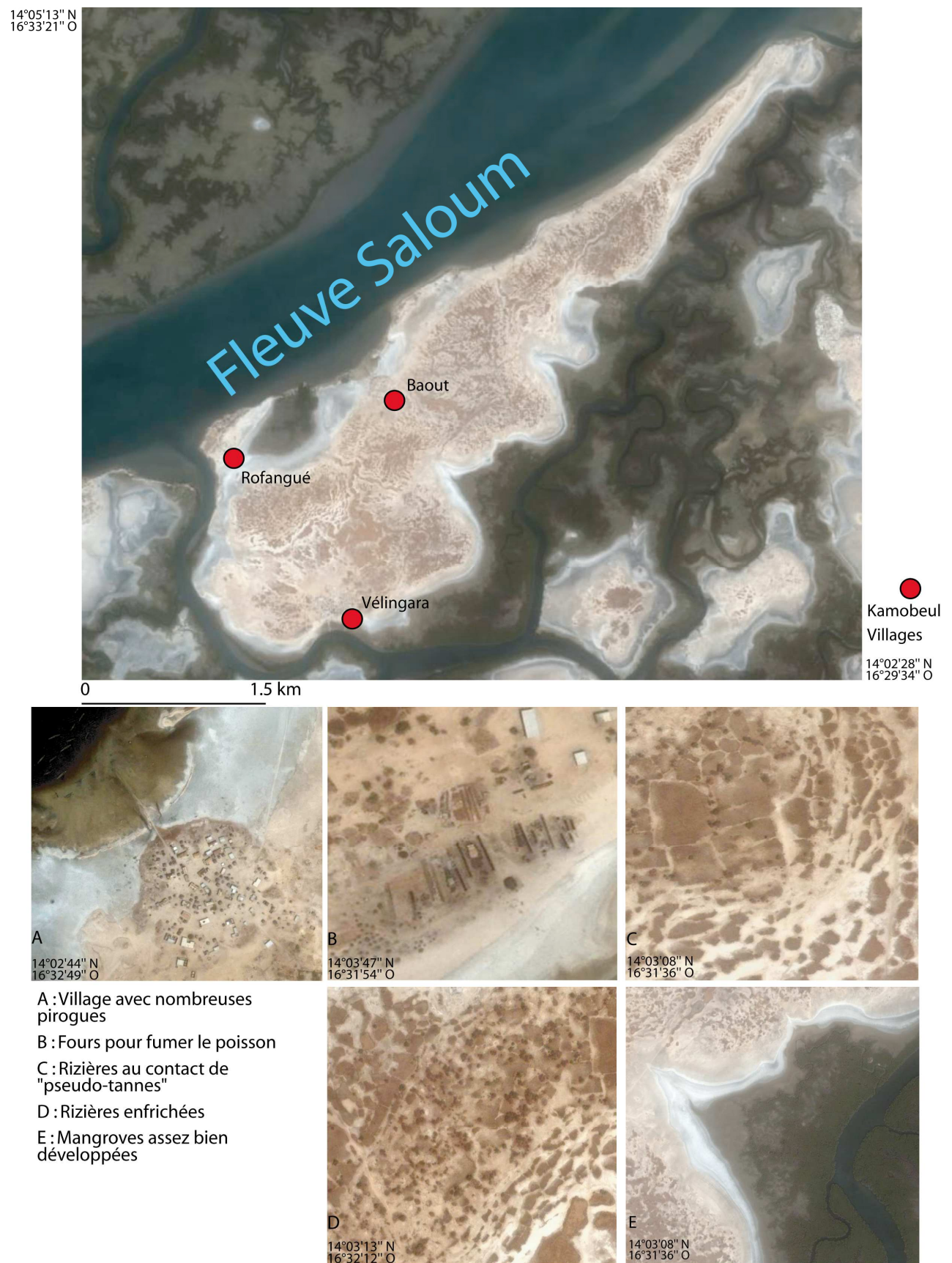
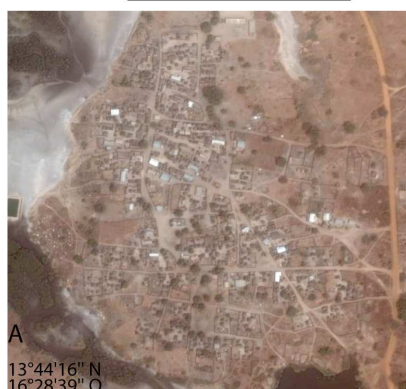


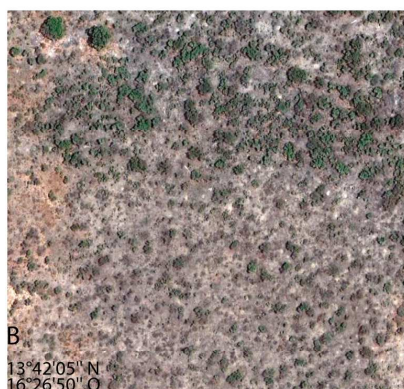
Figure 258 : Examen du finage de Baouth en comparaison avec celui de Diamniadio



13°44'53" N  
16°24'07" O



A : Village au bord de la mangrove



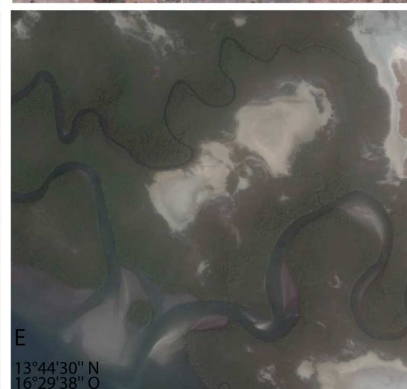
B : Forêt classée avec contrastes entre savane ouverte et savane forestière



C : Agroforêt très peu étendue, nombreux vergers



D : Zone agricole très peu boisée



E : Mangroves bien développées avec tannes

Figure 259 : Examen du finage de Nema en comparaison avec celui de Bani



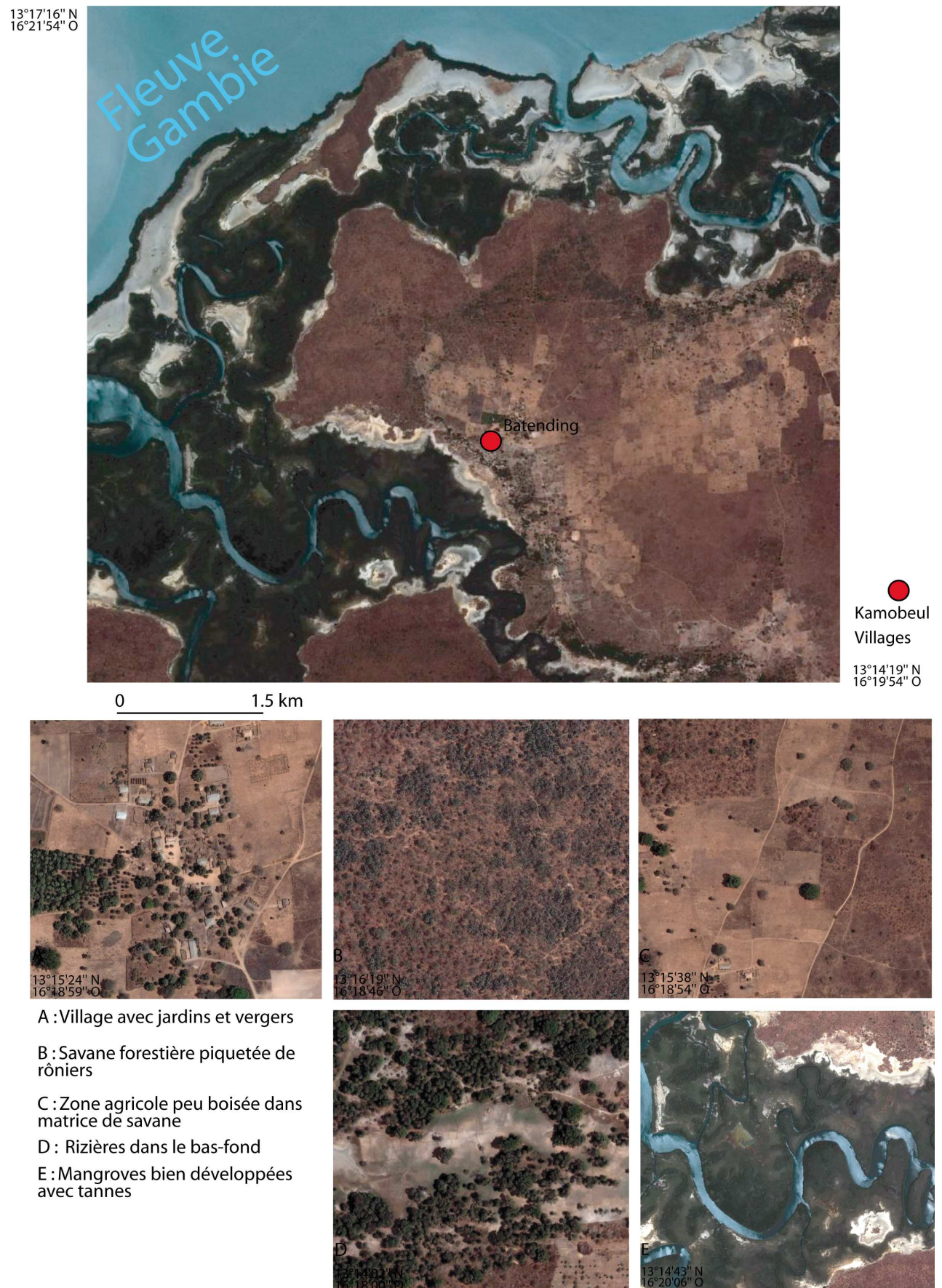


Figure 260 : Examen du finage de Batending en comparaison à celui de Brefet



12°31'34" N  
16°28'10" O

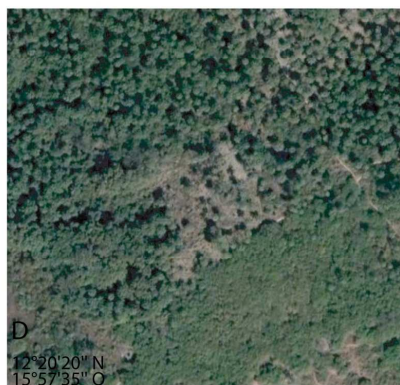
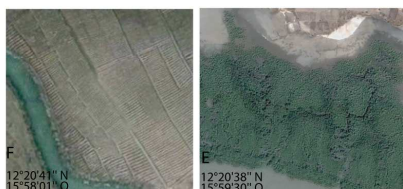
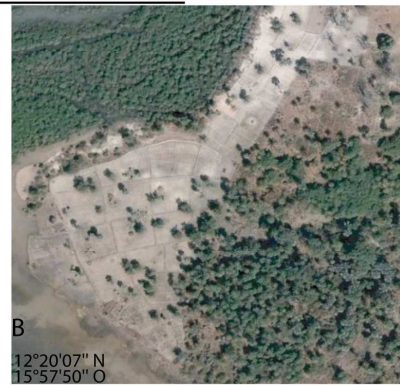
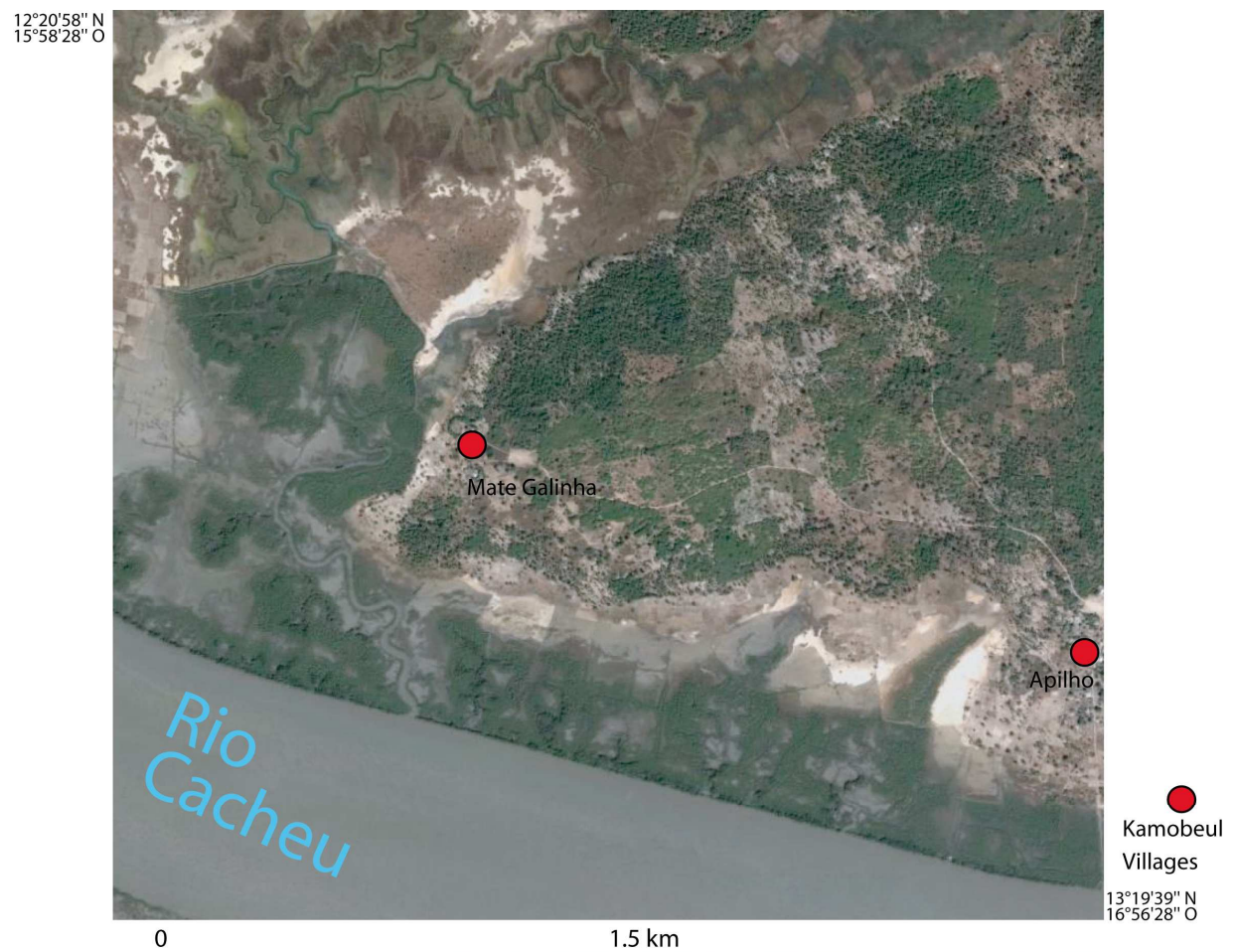


- A : Village inséré dans l'agroforêt et cases à impluvium  
B : Rizières de mangrove  
C : Agroforêt dense  
D : Rizières hautes en friche  
E : Mangroves largement endiguées avec tannes  
F : Nouveaux endiguements

Figure 261 : Examen du finage d'Enampore en comparaison avec celui de Kamobeul



## Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud



- A : village entre l'agroforêt et les rizières  
B : rizières permanentes sous palmeraie ouverte  
C : rizières de mangrove en activité et en friches  
D : agroforêt partiellement convertie  
E : jachères d'âges différents  
F : rizière de bas-fond  
E : mangrove dense avec tanne

Figure 262 : Examen du finage de Mate-Galinha en comparaison avec celui de Diamniadio



Notons que l'on retrouve de part et d'autre de l'agroforêt un grand nombre de vergers qui ont pu être installés en lieu de l'agroforêt. Les deux formations forestières sont similaires à la situation de Bani, la mangrove présente de larges estrans largement occupés par les palétuviers et la forêt classée (ici celle de Fathala) composée de secteurs de savane ouverte et de savane forestière. Rien ne permet d'affirmer que la première progresse ici sur la seconde. Cependant, l'étroitesse de l'agroforêt et le très faible taux de boisement des zones agricoles tendent à laisser supposer que la dynamique a été ou est ici aussi régressive, et qu'elle peut l'être également en forêt classée. **Bani et Nema semblent donc présenter des situations et des évolutions assez proches, rendant Bani représentatif des villages du Bas-Saloum continental en lisière du delta.**

### *Brefet est-il représentatif des îles du Fogny gambien ?*

Batending peut être comparé à Brefet qui se situe sur la presqu'île immédiatement à l'ouest (figure 261). On y retrouve les mêmes éléments de paysage : un village entouré de jardins et de vergers, une zone agricole de faible superficie (quoi que légèrement supérieure à celle de Brefet), des rizières de bas-fond, une mangrove similaire et une savane assez densément boisée. Cependant, les particularités de Brefet - son économie forestière, la régénération des peuplements ligneux, l'intensification agricole - sont des observations qui ne peuvent être effectuées. Rappelons seulement que la foresterie communautaire est constituée en réseau dans l'ensemble du Fogny et du Kombo et il est très vraisemblable qu'une dynamique similaire (peut-être moins marquée) est en cours. Brefet est donc représentatif du Fogny si l'on considère que les actions de foresterie y sont probablement plus anciennes et mieux mises en place que dans les autres villages du Fogny gambien.

### *Kamobeul est-il représentatif du Kassa ?*

Kamobeul est situé à mi-chemin d'une assez grande presqu'île où se succèdent d'est en ouest une série de villages. Le village voisin de Kamobeul est Enampore (figure 262). Il s'agit ici aussi d'un village inséré dans une trame agroforestière lâche, en haut des rizières de mangrove. Les rizières de mangrove sont en activité pour une large part, mais apparemment pas intégralement comme en témoignent les différences de teinte sur la figure 262b. Elles se sont étendues assez loin vers le chenal, réduisant la bande de mangrove sans pour autant avoir éliminé les espaces de tannes qui se retrouvent entre les mangroves et la digue dans un ou deux secteurs. Or, on retrouve à l'instar de Kamobeul un nouveau bassin récemment endigué avec des arbres encore apparents sur l'image satellite. L'agroforêt est similaire à celle de Kamobeul, dense avec les parcelles non apparentes sur une telle image. Elle est à l'instar de Kamobeul entourée d'une large bande de boisement ouvert, dont une part peut être des rizières en activité complantées de palmiers, et une part est constituée de rizières en friches. **Kamobeul et Enampore présentant les mêmes éléments de paysages et les mêmes indices de dynamiques (enfrichement des rizières hautes, tanne si ce n'est tannification et endiguement des mangroves), on considérera Kamobeul comme représentatif du Kassa.**

### *Apilho est-il représentatif du secteur frontalier du nord bissau-guinéen ?*

À quelques kilomètres à l'ouest d'Apilho, on retrouve le village de Mate-Galinha, comme Apilho, il est localisé à la limite entre les rizières et l'agroforêt (figure 263). Les rizières sont composées des deux mêmes terroirs : les rizières de mangrove et les rizières sous palmeraies ouvertes. Si l'on ne retrouve pas la nouvelle digue observée à Apilho, on y retrouve l'autre dynamique l'enfrichement d'une partie des rizières. Ceci laisse supposer une évolution (ancienne du moins) assez proche. Les deux agroforêts présentent une même mosaïque de jachères plus ou moins anciennes et de vergers d'anacardiens, ce qui témoigne d'une similarité du processus de conversion en vergers. Au final, les deux finages apparaissent assez fortement comparables. **Tout en rappelant que le processus d'endiguement reste, pour le moment du moins, assez rare, on pourra considérer Apilho comme bien représentatif de la rive nord du Rio Cacheu.**

L'évolution d'Apilho et de Brefet sont considérées comme plutôt positives, celles de Diamniadio et de Kamobeul neutres et celle de Bani plutôt négative. Si les cinq villages apparaissent, à quelques légères particularités près, représentatifs de leurs sous-régions respectives, il reste à étudier comment les cinq évolutions de ces sous-régions peuvent être généralisées.

Or, la situation de Diamniadio, par exemple, où la pêche, la riziculture et le pâturage ont trouvé un nouvel équilibre intégrant une économie de marché dans un nouveau finage qui semble s'équilibrer vers une situation écologiquement assez bonne, n'a probablement pas pu avoir lieu hors du delta et ne concerne pas le Sine. De plus, la pêche à l'ethmalose avec une vente quotidienne n'a pas lieu dans les autres sous-régions du delta selon les enquêtes à Bassar, Niodior et Bossinkang. Autre exemple, la situation de Bani, si elle se répète à Nema, ne peut être que représentative des villages au contact de la mangrove...

Enfin, Diamniadio et Bani, montrent des évolutions tellement différentes qu'une généralisation à l'échelle du Saloum semblerait une simplification excessive sinon abusive. Ainsi il n'apparaît pas possible d'extrapoler au-delà des sous-régions, ni les dynamiques ni les bilans qui en résultent, le seul moyen d'extrapoler à l'échelle régionale serait d'extrapoler un jeu de données plus complet.

### 7.6.2.2. Proposition de technique d'extrapolation directe

Comme il a été largement démontré, les taches de changement de la carte (progression/régression, ancienne/temporaire/récente) peuvent chacune correspondre à diverses dynamiques des paysages. Par exemple, la régression des mangroves peut être une conversion en rizière, une tannification ou une exploitation forestière. Les études au village ont permis de repérer au sein de ces changements les différentes dynamiques. Le traitement ici évoqué vise à distinguer au sein de l'ensemble des taches d'un même type de changement différentes dynamiques sous jacentes.

Le principe général est une classification progressive des taches de changement, à l'aide des méthodes de géomatique, pour distinguer les différentes dynamiques au sein d'un même type de changement. Pour cela, on établit des règles d'attribution des taches aux dynamiques. Ces règles s'appuient sur la localisation, le contexte de couverture du sol, le cadre micro-régional écologique et celui des activités agro-sylvo-pastorales.

L'analyse est assez simple en terre ferme dans la mesure où la très grande majorité des cinématiques régressives sont liées au défrichement agricole et où la majorité des cinématiques progressives sont liées à la déprise agricole et à l'enfrichement. Une simple règle de sélection des taches permettra d'en extraire les quelques cas liés aux évolutions des massifs forestiers, que celles-ci soient liées à l'amorce ou à l'arrêt d'une activité agricole.

On considère pour cela que si une tache est localisée à l'intérieur d'une forêt classée ou d'un grand massif forestier, sauf si cette tache est proche d'un village, il s'agit d'une dynamique forestière. Sinon, il s'agit d'une dynamique à l'interface entre la forêt et l'agriculture.

En milieu de vasières, la multiplicité des dynamiques rend la distinction plus complexe.

Une première étape est la sélection d'un phénomène s'il a un caractère régional (propre à un delta ou un estuaire). Par exemple, la riziculture de mangrove après endiguement est absente en Gambie et dans le Saloum. Une simple sélection des taches de régression au sein de ces deltas permettent de les attribuer aux dynamiques restantes : surexploitation et déperissement.

Une deuxième étape est l'utilisation des relevés de terrain en mangrove permettant la spatialisation des observations dans les villages (4.3.2.1). L'analyse de ces relevés, alliant localisation et quantification des phénomènes, permettra d'établir des règles de spatialisation des phénomènes. Par exemple, s'il apparaît qu'en Gambie, la coupe n'est pratiquée de façon notable qu'à proximité des pôles urbains, une zone tampon sera donc effectuée autour des pôles urbains pour sélectionner les taches les plus probablement liées à ce phénomène. Ces sélections régionales et par les zones tampons ne sont cependant pas suffisantes. En effet, si différents facteurs peuvent intervenir dans un même secteur, on énoncera d'autres règles de sélection des taches. Il s'agit dans un premier temps de définir les taches en fonction de leur localisation précise. Il s'agit notamment de distinguer les taches de changement proches du chenal de celles proches des tannes. En effet,

la coupe est généralement pratiquée à proximité du chenal. La tannification a systématiquement lieu en haut de l'estran, au contact avec les tannes préexistantes. Ces précisions sur la localisation seront donc prises en compte dans la sélection des taches. Dans un deuxième temps, des informations sur la forme des taches seront aussi intégrées dans ce processus d'identification des dynamiques. Les taches linéaires au contact avec le tanne ou les rizières de mangrove sont plus probablement liées à un front de dépérissement de la mangrove. Les taches plus compactes sont plus probablement liées à la mise en place d'une nouvelle digue et à un défrichement pour la riziculture.

**Classification progressive dirigée des taches (proposition)**

- En terre ferme
  - En rive nord de la Casamance
    - Si une tache de changement est présente dans une matrice forestière et éloignée des villages, il s'agit d'une dynamique forestière.
    - Si une tache de changement est présente dans une matrice agricole, en bordure de forêt ou à proximité d'un village, il s'agit d'un enrichissement ou d'un défrichement agricole.
- En vasières
  - Saloum ou Gambie
    - Si une tache est au contact des tannes, il s'agit d'une tannification ou d'une régénération des tannes.
    - Si une tache est au contact du chenal, il s'agit d'une exploitation forestière ou d'une régénération de coupe.
- Casamance ou Guinée-Bissau
  - Si une tache de changement est au contact de la terre ferme ou sur une île avec un village amphibien<sup>54</sup>, il s'agit d'endiguement,
  - Si une tache se situe dans une matrice de mangrove, il s'agit d'une tannification.

**De la dégradation du finage à la dégradation de la structure régionale des paysages (7.6.1)**

Les îles du Gandoul ont connu des transformations majeures (enrichissement des rizières en pâturages et tannification) dont le bilan qualitatif apparaît neutre. Le Bas-Saloum continental a connu des modifications assez subtiles mais toutes négatives sur l'ensemble des terroirs de terre ferme, ce qui constitue une dégradation forte du finage et de l'ensemble de la sous-région. Le Fogny gambien a connu des modifications tout aussi subtiles mais positives, qui mènent à une amélioration des ressources et des services écologiques. Le Kassa a connu des modifications assez fortes, d'un point de vue économique, par une évolution marquée du paysage principal, nuancée par une remarquable stabilité des autres paysages, ce qui permet de considérer comme neutre l'évolution paysagère régionale. Le secteur frontalier du Nord bissau-guinéen a connu une évolution marquée du finage avec une transformation notable des deux principales unités paysagères. Cependant, la situation en agroforêt est à ce jour positive et le sera si la dynamique se stabilise ; en rizières, la tendance s'est déjà inversée, menant à un retour à la situation précédente, et à ce jour, la région semble avoir évolué dans un sens positif.

<sup>54</sup> Il s'agit d'un cas très particulier de village qui n'existe qu'en Casamance. Certains villages occupent une île intertidale endiguée. Ces villages entièrement localisés sur les vasières sont voués à la riziculture et aux autres exploitations des ressources des vasières. Ils ont été géolocalisés grâce à la littérature et à la carte topographique.



## *Conclusion*

La dégradation des paysages a donc été réexaminée après une dynamique des paysages, c'est-à-dire en ayant fourni une description et une explication les plus complètes et systémiques possibles des changements des paysages. Pour cela, il a été nécessaire d'examiner finement la structure spatiale des paysages, les liaisons entre flore et paysage, entre phénologie et paysage.

Plus exactement, nous avons pu mettre en place un schéma méthodologique qui s'est révélé bien conçu, s'appuyant sur la télédétection et le terrain. La télédétection a été utilisée avec deux bases de données d'images différentes, pour étudier les changements de l'occupation du sol et les fluctuations des rythmes biologiques. Le terrain a été effectué pour récolter des informations floristiques, des informations paysagères complémentaires de l'occupation du sol perçue par analyse d'images, et des enquêtes pour intégrer les actions anthropiques, au même titre que les fluctuations du climat, dans les analyses paysagères pour arriver à une explication suffisamment complète des processus de changement pour passer d'une simple cinématique à une dynamique du paysage. Outre l'attirail technique de cette méthode, un certain nombre de principes ont été établis, notamment en ce qui concerne l'appréciation des changements. Il s'est agi premièrement, de s'appuyer le plus possible sur le présent et d'y comparer les états passés pour reconstituer la dynamique, deuxièmement, de jouer sur les échelles pour analyser et apprécier les changements, et troisièmement, de se baser sur un certain nombre d'indicateurs de bon fonctionnement du paysage pour juger si une évolution est positive ou négative. Les paysages étudiés étant ruraux et les sociétés connaissant un grand besoin de ressources naturelles, les relations entre pratiques et paysages ont été placées au centre de ces indicateurs d'appréciation des évolutions.

De cette méthode, il est ressorti que les régions septentrionales des Rivières-du-Sud ne sont pas constituées d'un paysage unique mais d'un ensemble de paysages que l'on peut classer selon une division géomorphologique : les vasières et la terre ferme. La classe des paysages de terre ferme peut être subdivisée en deux familles bioclimatiques zonales : les paysages soudano-sahéliens et les paysages soudano-guinéens. Un type de paysage soudano-guinéen peut être une mosaïque agroforestière, etc. L'importance d'un tel portrait est la prise en compte de la diversité paysagère locale, micro-régionale et macro-régionale pour apprécier les dynamiques paysagères.

Ces différents paysages contiennent par ailleurs des différences botaniques totales d'une classe à l'autre. Et au contraire, elles sont nulles entre les deux familles de paysages de mangrove. Les différences sont assez faibles d'une famille de terre ferme à l'autre. En effet, les grandes similarités résultent du grand nombre d'espèces à large spectre écologique qui créent notamment à l'échelle du gradient climatique un continuum à facettes à l'autre pour la terre ferme. Cependant, on retrouve tout de même des différences botaniques au sein d'un même type de paysage pour deux paysages situés sous deux climats légèrement différents. La distribution des espèces varie en effet surtout en fonction du gradient climatique et un grand nombre d'espèces apparaissent assez peu dépendantes de la structure des paysages à l'échelle régionale. Pour dresser un portrait toujours plus complexe et plus précis, on peut distinguer un certain nombre de rythmes phénologiques selon des distinctions qui ne sont ni celles des

familles de paysage (on retrouve cependant la division en classes), ni celle des ensembles botaniques avec trois divisions zonales dont deux d'entre elles connaissent une sous-division paysagère.

La dynamique de paysages a donc dû être examinée en tenant compte de deux constats : tout d'abord, les mosaïques paysagères des régions septentrionales des Rivières-du-Sud sont complexes et l'analyse de la dynamique de la structure des paysages doit compléter celle du paysage. L'amplitude de répartition des espèces et la discordance entre la structure des paysages et de la géographie des espèces laissent supposer de cinématiques assez nettement distinctes entre celle de la flore et celle du paysage.

La dynamique du paysage doit donc prendre en compte un spectre le plus large possible de processus pour une vision la plus complète, qui pourra être par la suite simplifiée aux processus les plus importants.

Les fluctuations récentes du climat, dont une phase de sécheresses plus marquées dans les années 1970 et 1980 et un retour à des conditions plus pluvieuses au fil des années 1990, ont eu des conséquences variables sur ces paysages. Les mangroves des estuaires hyperhalins sont les principaux espaces à avoir connu des évolutions directes et importantes, la réaction de la flore, ici très pauvre, créant effectivement la dynamique du paysage. En terre ferme, les fluctuations de la pluviosité ont provoqué des changements botaniques et physionomiques minimes, et des changements phénologiques plus notables, mais qui restent de l'ordre de l'accommodation.

En revanche, là où les fluctuations de la pluviosité n'ont pas provoqué de changements majeurs et directs elles ont influé de deux manières la trame des paysages soudaniens du littoral ouest-africain. D'une part, la sécheresse a provoqué un stress hydrique qui a pu mener à des situations de plus grande fragilité de la végétation qui a pu, dans la période de sécheresse, être plus facilement détruite, ou dans la phase de reprise des pluies, connaître des progressions plus rapides. D'autre part, la sécheresse, en combinaison avec les différentes évolutions sociologiques et économiques des territoires étudiés, a pu mener à des évolutions des pratiques agro-sylvo-pastorales, lesquelles ont à leur tour créé d'importantes transformations des paysages.

Ces évolutions résultent de deux facteurs qui ont joué de façon assez homogène dans toute la région : la libéralisation de l'économie et les fluctuations de la pluviosité, et ce dans trois contextes nationaux très différents. Ainsi, par exemple, l'évolution de Brefet résulte d'une absence de politique publique en matière de gestion forestière. Cette absence a mené les villageois à en concevoir une qui s'est révélée supérieure à celles héritées des administrations coloniales et celles imposées par les structures internationales.

Cependant, ces évolutions des pratiques agro-sylvo-pastorales ne se sont manifestées ni à une échelle continentale, où les changements auraient été les mêmes dans l'ensemble de la zone étudiée, ni à une échelle macro-régionale où le contexte national aurait prévalu, mais plutôt à une échelle micro-régionale. En effet, cette échelle qui enregistre les changements globaux et nationaux est celle où l'on peut observer à la fois une certaine homogénéité écologique, économique et ethnique.

À l'échelle micro-régionale, celle des petites régions rurales, telles que le Sine, les îles du Saloum, le Niumi ou le Kassa pour n'en citer que quelques unes, les populations locales à l'échelle des villages ou des communautés rurales de niveau immédiatement supérieur ont, en réaction à ces changements globaux et nationaux, fait certains choix. Ces choix sont à l'origine de la très grande majorité des dynamiques paysagères : défrichement du Bas-Saloum, enfrichement dans le Sine, abandon des cultures pluviales hautes pour la riziculture de bord de mangroves dans le Fogny gambien, maintien de l'agroforêt dans le Kassa ou conversion en vergers dans la presqu'île de Biombo-Quinhamel.

Chacun de ces choix va avoir des conséquences particulières en fonction du type de paysage concerné, de sa fragilité, de sa résistance ou de sa résilience. Plus précisément, la composition botanique, le fonctionnement écosystémique et l'état de santé de chacun des peuplements spécifiques au sein de chacun des types de paysages, confrontés à de nouvelles pratiques, expliquent en grande partie les dynamiques en cours, qui sont des phénomènes complexes au sein desquels il est difficile de tirer des règles généralisables au-delà de quelques formations végétales similaires. La dynamique du paysage apparaît donc comme un forçage, par une modification du climat ou des actions humaines, de la cinématique de la végétation.

L'ensemble de ces choix, appliqués chacun à des paysages plus ou moins résistants, mènent à un ensemble très varié de dynamiques des paysages qui ont de tout temps, par tous les courants de pensées et la quasi-totalité des acteurs, été perçues comme une dégradation. Or, cette étude de la dynamique de paysage, si elle doit aujourd'hui n'attribuer le terme de dégradation qu'aux dynamiques qui font passer les paysages d'un état à un état moins bon, doit rappeler ce qui au regard de l'analyse tant écologique qu'économique apparaît comme bon : abondance et capacité de régénération des ressources, maintien des services écologiques, diversité des paysages et biodiversité, complémentarité avec les paysages voisins, qualité esthétique... ou une régénération qui semble bonne en cas de perturbation.

Or, à travers cette grille de lecture, aussi discutable qu'elle puisse être, mais qui a le mérite d'avoir été énoncée, très rares sont les formes de dégradation avérées. On peut cependant citer trois formes de dégradation :

- Le dépérissement des mangroves dans les îles du Gandoul, est lié à la sécheresse, parfois accentuée par quelques pratiques sylvo-pastorales. La régénération y semble quasi impossible loin de l'embouchure du fleuve.
- La quasi-totalité des paysages du Bas-Saloum continental connaissent une gestion des ressources en bois qui mène à un appauvrissement en espèces à une diminution des ressources, à une détérioration des services écologiques (habitats pour la faune sauvage, coupe-feu pour protéger les zones habitées et les vergers). Sa régénération est tout à fait possible, comme le démontre l'exemple gambien.
- L'enfrichement des rizières hautes de Casamance, qui en l'absence d'aménagement, de mise en valeur ou d'exploitation agricole, constitue une perte économique (bien que neutre écologiquement).



Cependant, replacé dans un contexte plus large, celui de l'évolution du finage, le dépérissement des mangroves a été absorbé, voire intégré, par les sociétés qui ont mis en place en quelques années un nouveau finage, qui d'une part, a monétarisé l'économie, et d'autre part, a créé de nouvelles pratiques que l'on peut sans risque qualifier de durables.

Par exemple, l'enfrichement des rizières hautes se replace dans un finage qui a très peu évolué et où la diminution de la population rend peu significative la diminution de la capacité de production rizicole ; cette évolution rend plus précieux les nouveaux types de paysages qui apportent une diversité des habitats, ce qui ôte le caractère négatif attribué à cette évolution examinée hors du contexte global.

Ainsi, quelque soit l'échelle d'analyse : élément de paysage, paysage, finage, sous-région, le déboisement du Bas-Saloum, accompagnée de l'ouverture et de l'appauvrissement de ses peuplements arborés reste un cas de dégradation. Aux échelles du finage et de la sous-région, c'est l'unique cas de dégradation.

On peut constater que la majorité des choix effectués par les sociétés rurales se sont révélés soutenable jusqu'à ce jour. Par exemple, le choix de l'ensemble des régions du Nord bissau-guinéen de convertir une partie des agroforêts en vergers d'anacardiens, s'il a effectivement mené à une diminution des superficies en palmeraies, ne semble pas avoir à ce jour créé de trop grande diminution de la diversité des paysages, ni de trop forte détérioration de leur agencement. Ainsi, si les conversions s'arrêtent avant de menacer les paysages et les pratiques agroforestières de culture itinérante, ce choix ne mènera pas à une dégradation des paysages nord bissau-guinéens.

Il est d'autant plus intéressant de pointer le seul processus de dégradation qu'il est en opposition avec une remarquable amélioration d'un finage proche et similaire. Cette comparaison pourrait, en effet, alimenter d'intéressantes discussions sur les inadaptations des modes de gestion exportées depuis le Nord ou héritées des administrations coloniales face à l'innovation des modes d'autogestion quand on les retrouve en action.

## Table des figures

Figure 1 : Carte de la zone d'étude .....	2
Figure 2 : Carte des vasières et de la terre ferme dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud .....	10
Figure 3 : Zonations dans les Rivières-du-Sud, (source : Sow, 1994) .....	14
Figure 4 : Carte de la végétation d'Afrique (source : White, 1986).....	20
Figure 5 : Carte des ethnies (sources, Péliissier, 1966 ; Cormier-Salem, 1999) .....	26
Figure 6 : Carte de la pluviosité dans les Régions septentrionales des rivières du Sud (source : Baurusseau <i>et al.</i> , 1999) .....	33
Figure 7 : Diagramme ombrothermique de Kaolack (source : Baurusseau <i>et al.</i> , 1999) .....	34
Figure 8 : Diagramme ombrothermique de Bissau (source : Baurusseau <i>et al.</i> , 1999).....	34
Figure 9 : Diagramme de variation de la pluviosité de 1930 à 2000 (source : Nicholson, 1950) .....	36
Figure 10 : Différence normalisée de la pluviosité entre la phase humide et la phase sèche (source Sultan, 2000).....	38
Figure 11 : Différence normalisée de la pluviosité entre la phase sèche et la phase moyenne (source Sultan, 2000) ....	39
Figure 12 : Conditions hydrologiques des régions septentrionales des Rivières-du-Sud (source : Barusseau, 1999) ....	45
Figure 13 : Cartes pédologiques des régions septentrionales des Rivières-du-Sud (CTA ; FAO).....	52
Figure 14 : Schéma d'un anthroposystème.....	75
Figure 15 : Organigramme de la méthode .....	77
Figure 16 : Localisation du transect et de ses relevés .....	90
Figure 17 : Savane ouverte (Forêt Classée de Fathala, Bas-Saloum, Sénégal, 2004).....	91
Figure 18 : Jachères (Brikama, Kombo, Gambie, 2005) .....	91
Figure 19 : Zone agricole (Bani, Bas-Saloum, Sénégal, 2005).....	92
Figure 20 : Savane assez dense (Forêt Classée de Fathala, Bas-Saloum, Sénégal, 2004) .....	92
Figure 21 : Savane forestière (1 : Forêt classée de Koular, Bas-Saloum, Sénégal, 2004 ; 2 : Forêt Classée de Fathala, 2005) .....	93
Figure 22 : Palmeraie (Albreda, Niumi, Gambie, 2004).....	94
Figure 23 : Savane arbustive dense, (Albreda, Niumi, Gambie, 2004).....	94
Figure 24 : Savane dense à bosquets de rôniers (Kafuta, Kombo, Gambie, 2004).....	95
Figure 25 : Fourré lianescent (Forêt classée d'Affiniam, Boulouf, Sénégal, 2004).....	96
Figure 26 : Rizières complantées (Enampore, Kassa, Sénégal, 2004).....	96
Figure 27 : Forêt (Kamobeul, Kassa, Sénégal, 2004) .....	96
Figure 28 : Zone agricole.....	97
Figure 29 : Savane ouverte .....	98
Figure 30 : Savane forestière .....	99
Figure 31 : Forêt.....	100
Figure 32 : Palmeraie.....	101
Figure 33 : Localisation des relevés en mangrove .....	102
Figure 34 : <i>Avicennia africana</i> au port arboré sur tanne herbu, tanne nu inondé et arrière-mangrove arbustive (Toposéquence 1, Delta du Saloum, Sénégal).....	103
Figure 35 : Peuplement de <i>Rhizophora mangle</i> , fin et jeune et partiellement dépérissant (Toposéquence 1, Delta du Saloum, Sénégal) .....	104
Figure 36 : Rive à <i>Rhizophora racemosa</i> , vue de la rive (Toposéquence 1, Delta du Saloum, Sénégal) .....	104
Figure 37 : Rive à <i>Rhizophora racemosa</i> , vue de l'intérieur (Toposéquence 1, Delta du Saloum, Sénégal) .....	105
Figure 38 : Peuplement bas, dense et monospécifique à <i>Avicennia africana</i> (toposéquence 6, Delta du Saloum, Sénégal).....	105
Figure 39 : Mangrove basse et sénescence en rive concave (toposéquence 7, Delta du Saloum, Sénégal).....	106
Figure 40 : Mangrove basse et sénescence en rive concave (toposéquence 24, Delta du Saloum, Sénégal).....	106
Figure 41 : Tanne vif étendu au centre d'une île (toposéquence 24, Delta du Saloum, Sénégal) .....	107
Figure 42 : Rizières de mangrove (DC26, Basse-Casamance, Sénégal) .....	107
Figure 43 : Lisière progradante à <i>Laguncularia racemosa</i> (RC9, Cacheu, Nord-bissau-Guinéen).....	108
Figure 44 : Rive à <i>Rhizophora racemosa</i> .....	109
Figure 45 : Rive à <i>Laguncularia racemosa</i> .....	110
Figure 46 : Moyenne mangrove.....	111
Figure 47 : Tannes et Rizières de mangrove .....	112
Figure 48 : fenêtres spectrales des trois satellites LANDSAT .....	113
Figure 49 : Courbes de réflectance des 5 principaux types d'occupation du sol (source, Calloz modifié).....	114
Figure 50 : Organigramme du traitement d'image pour la carte d'occupation du sol .....	117
Figure 51 : Classification non dirigée en quinze classes de la Basse-Casamance (2000).....	119

Figure 52 : Courbes des moyennes radiométriques (Basse-Casamance, 2000).....	120
Figure 53 : Regroupement des quinze classes en cinq types d'occupation du sol (Basse-Casamance, 2000) .....	121
Figure 54 : Masque des boisements de terre ferme (Basse-Casamance, 2000) .....	123
Figure 55 : Courbes de moyennes radiométriques au sein du masque des boisements (Basse-Casamance, 2000) .....	124
Figure 56 : Courbes de moyennes radiométriques au sein du masque des mangroves (Basse-Casamance, 2000).....	125
Figure 57 : Courbes de moyennes radiométriques au sein du masque des tannes et rizières (Basse-Casamance, 2000) .....	125
Figure 58 : Courbes de moyennes radiométriques au sein du masque de l'eau (Basse-Casamance, 2000).....	126
Figure 59 : Courbes de moyennes radiométriques au sein du masque des espaces non boisés de terre ferme (Basse-Casamance, 2000) .....	126
Figure 60 : Correction du masque des boisements de terre ferme par soustraction de la classe 1 .....	127
Figure 61 : Correction du masque des boisements de l'eau par soustraction de la classe 4 .....	128
Figure 62 : Correction du masque des tannes et rizières de mangrove par soustraction de la classe 1.....	129
Figure 63 : Correction du masque des espaces non boisés de terre ferme par soustraction de la classe 1 .....	130
Figure 64 : Correction du masque des mangroves par ajout de la classe 1 du masque des boisements de terre ferme	131
Figure 65 : Carte de l'occupation du sol au début des années 2000 de la Basse Casamance .....	132
Figure 66 : Organigramme du traitement d'image pour la carte d'occupation du sol à 12 classes, exemple de la subdivision du masque des boisements de terre ferme en quatre types d'occupation du sol. ....	134
Figure 67: Confrontation des classes de boisement de terre ferme de la première carte d'occupation du sol à la réalité du terrain .....	135
Figure 68 : Confrontation à la réalité du terrain des classes de boisement de terre ferme de la carte d'occupation du sol corrigée .....	136
Figure 69 : Confrontation à la réalité du terrain des classes mangrove de la carte d'occupation du sol.....	137
Figure 70 : Carte des changements de l'occupation du sol (Basse-Casamanc, 1979-1988-2000).....	139
Figure 71 : Cycles annuels de NDVI.....	143
Figure 72 : Composante Principale et outils d'interprétation (A.C.P. sur série temporelle de NDVI issus de NOAA).....	148
Figure 73 : Localisation du trasect pour un échantillonnage linéaire de la zone d'étude .....	152
Figure 74 : distributions de <i>Dichrostachys cinerea</i> et de <i>Grewia Bicolor</i> .....	156
Figure 75 : Distribution d' <i>Albizzia adianthifolia</i> .....	157
Figure 76 : Distributions de <i>Psychotria psychotrioides</i> et d' <i>Anogeissus leiocarpus</i> .....	158
Figure 77 : Distribution de <i>Landolphia dulcis</i> et de <i>Terminalia avicennioides</i> .....	159
Figure 78 : Carte des points de relevés de réalité terrain de la carte des changements.....	171
Figure 79 : Analyse rétrospective de la mangrove à Diamniadio (îles du Gandoul, Sénégal) .....	176
Figure 80 : Analyse rétrospective de la végétation de terre ferme à Diamniadio (îles du Gandoul, Sénégal) .....	177
Figure 81 : Carte de localisation des villages enquêtés .....	180
Figure 82 : Fréquences relatives d'emploi de quelques segments répétés.....	184
Figure 83 : Spécificités d'emploi de quelques mots .....	184
Figure 84 : Premier plan factoriel d'une A.F.C. sur les fréquences d'emploi des mots (employés plus de 5 fois) .....	185
Figure 85 : Zonage des éléments de paysages du finage de Brefet.....	188
Figure 86 : Relevés ponctuels de la mangrove, exemple de carte du dépérissement dans le Rio Cacheu .....	191
Figure 87 : Carte de l'occupation du sol (5 classes), au début des années 2000.....	197
Figure 88 : Carte de l'occupation du sol (5 classes) du Saloum (Sénégal) au début des années 2000 .....	200
Figure 89 : Carte de l'occupation du sol (5 classes) de la Western-Division (Gambie) au début des années 2000.....	201
Figure 90 : Carte de l'occupation du sol (5 classes) de la Basse-Casamance (Sénégal) au début des années 2000 .....	202
Figure 91 : Carte de l'occupation du sol (5 classes) du Nord bissau-guinéen au début des années 2000.....	203
Figure 92 : Fragmentation des boisements de terre ferme au début des années 2000 .....	205
Figure 93 : Fragmentation des boisements de mangrove au début des années 2000 .....	206
Figure 94 : Carte de l'occupation du sol en terre ferme au début des années 2000 .....	209
Figure 95 : Carte de fréquence locale des sols nus au début des années 2000.....	210
Figure 96 : Carte de fréquence locale des espaces peu boisés au début des années 2000.....	211
Figure 97 : Carte de fréquence locale des boisements très ouverts au début des années 2000 .....	212
Figure 98 : Carte de fréquence locale des boisements ouverts au début des années 2000.....	213
Figure 99 : Carte de fréquence locale des boisements denses au début des années 2000 .....	214
Figure 100 : Carte de fréquence locale des boisements très denses au début des années 2000 .....	215
Figure 101 : Carte d'occupation du sol de la terre ferme dans le Saloum (Sénégal) au début des années 2000.....	217
Figure 102 : Carte d'occupation du sol de la terre ferme en Western-Division (Gambie) au début des années 2000 ..	218
Figure 103 : Carte d'occupation du sol de la terre ferme en Basse-Casamance (Sénégal) au début des années 2000 ..	219
Figure 104 : Carte d'occupation du sol de la terre ferme dans Nord bissau-guinéen au début des années 2000.....	220
Figure 105 : Carte d'occupation du sol des vasières au début des années 2000 .....	222
Figure 106 : Carte de fréquence locale des mangroves hautes et denses au début des années 2000 .....	224



Figure 107 : Carte de fréquence locale des mangroves basses et ouvertes au début des années 2000 .....	225
Figure 108 : Carte de fréquence locale des arrières-mangroves déperissantes au début des années 2000.....	226
Figure 109 : Carte de fréquence locale des tannes et rizières de mangrove au début des années 2000 .....	227
Figure 110 : Carte d'occupation du sol des vasières du Saloum (Sénégal) au début des années 2000.....	228
Figure 111 : Carte d'occupation du sol des vasières de Western-Division (Gambie) au début des années 2000.....	229
Figure 112 : Carte d'occupation du sol des vasières de Basse-Casamance (Sénégal) au début des années 2000 .....	230
Figure 113 : Carte d'occupation du sol des vasières du Nord bissau-guinéen au début des années 2000 .....	231
Figure 114 : Premier plan factoriel de l'A.F.C. sur les relevés floristiques.....	236
Figure 115 : Principaux résultats de l'A.C.C. sur les données floristiques et écologiques .....	237
Figure 116 : Courbe de variation des coordonnées de l'axe 1 de l'A.F.C. sur les données floristiques .....	239
Figure 117 : Carte des coordonnées de l'axe 1 de l'A.F.C. sur les données floristiques .....	240
Figure 118 : Courbes de la limite optimale sur le transect phytoclimatique.....	241
Figure 119 : Variations contraires des coordonnées des deux premiers axes factoriels dans le centre du transect .....	243
Figure 120 : Variation des coordonnées de l'axe 2 le long du transect .....	244
Figure 121 : Courbes aire-espèces.....	245
Figure 122 : Fréquence locale d' <i>Acacia macrostachya</i> et de <i>Saba senegalensis</i> .....	252
Figure 123 : Dates clés de la saison d'activité chlorophyllienne .....	258
Figure 124 : Activité chlorophyllienne et saison des pluies en 1999.....	259
Figure 125 : Activité chlorophyllienne et saison des pluies en 1998.....	259
Figure 126 : Carte des rythmes biologiques au début des années 2000 (Classification d'images NDVI MSG) .....	261
Figure 127 : Carte des rythmes biologiques au début des années 2000 améliorée (fusion MSG et ETM+).....	263
Figure 128 : Croisement de la carte des rythmes biologiques avec celle des densités de boisements de terre ferme...	266
Figure 129 : Croisement de la carte des rythmes biologiques avec celle des densités de boisements de terre ferme dans le Saloum .....	268
Figure 130 : Végétations à rythme biologique plus typiquement méridional que son environnement.....	269
Figure 131 : Croisement de la carte des rythmes biologiques avec celle des densités de boisements de terre ferme en Basse-Casamance.....	270
Figure 132 : Première composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe.....	276
Figure 133 : Deuxième composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe.....	277
Figure 134 : Troisième composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe .....	278
Figure 135 : Quatrième composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe .....	279
Figure 136 : Cinquième composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe.....	280
Figure 137 : Sixième composante principale carte des coordonnées et profils des extrémités de l'axe .....	281
Figure 138 : Tendances d'évolutions du NDVI (classification des Composantes Principales de l'A.C.P. sur NOAA de 1982 à 2000) .....	282
Figure 139 : Corrélations annuelles du NDVI et de la pluviosité .....	285
Figure 140 : Corrélations mensuelles du NDVI et de la pluviosité .....	286
Figure 141 : Distributions de <i>Ziziphus mauritiana</i> et de <i>Pericopsis laxiflora</i> .....	290
Figure 142 : Distribution de <i>Flueggea virosa</i> .....	291
Figure 143 : Déperissement différentiel des espèces en Gambie.....	293
Figure 144 : Déperissement différentiel des espèces en Casamance .....	294
Figure 145 : Déperissement différentiel des espèces dans le Rio Cacheu .....	295
Figure 146 : Déperissement du genre <i>Rhizophora</i> .....	296
Figure 147 : Cinématiques de <i>Rhizophora sp.</i> en arrière-mangrove.....	297
Figure 148 : Déperissement de <i>Avicennia africana</i> .....	300
Figure 149 : Régénération de <i>Avicennia africana</i> .....	301
Figure 150 : Carte de l'occupation du sol à la fin des années 1980.....	305
Figure 151 : Carte de l'occupation du sol à la fin des années 1970.....	306
Figure 152 : Carte des changements de l'occupation du sol.....	307
Figure 153 : Évolution des superficies boisées.....	309
Figure 154 : Évolutions des superficies boisées en vasières et en terre ferme (de la fin des années 1970 au début des années 2000) pour les quatre régions.....	311
Figure 155 : Part des différentes cinématiques dans le Saloum.....	313
Figure 156 : Carte des changements de l'occupation du sol dans le Saloum.....	314
Figure 157 : Variation du niveau de fragmentation dans le Bas-Saloum.....	315
Figure 158 : Carte des changements de l'occupation du sol dans la Western-Division.....	317
Figure 159 : Variation du niveau de fragmentation dans la Western-Division.....	318
Figure 160 : Part des différentes cinématiques en Western Division .....	319
Figure 161 : Part des différentes cinématiques en Basse-Casamance.....	320
Figure 162 : Carte des changements de l'occupation du sol en Basse-Casamance .....	321

Figure 163 : Variation du niveau de fragmentation des boisements en Basse-Casamance.....	322
Figure 164 : Carte des changements de l'occupation du sol dans le Nord bissau-guinéen.....	324
Figure 165 : Variation du niveau de fragmentation des boisements dans le Nord bissau-guinéen.....	325
Figure 166 : Part des différentes cinématiques dans le Nord bissau-guinéen.....	326
Figure 167 : Confrontation de la carte des changements de l'occupation du sol à la réalité du terrain.....	328
Figure 168 : Quelques relevés de mangrove stable.....	330
Figure 169 : Stabilité d'un peuplement ancien.....	331
Figure 170: Maintien du couvert ligneux avec dynamique régressive.....	332
Figure 171 : Maintien du couvert ligneux avec exploitation forestrière.....	332
Figure 172 : Quelques relevés de régression de la mangrove.....	335
Figure 173 : Régression de la mangrove par tannification, processus en cours.....	336
Figure 174 : Régression de la mangrove par tannification, processus achevé.....	336
Figure 175 : Régression de la mangrove par coupe forestrière.....	337
Figure 176 : Régression de la mangrove par endiguement.....	338
Figure 177 : Quelques relevés de progression de la mangrove.....	340
Figure 178 : Progression par régénération de l'arrière-mangrove sur le tanne.....	341
Figure 179 : Progression par enfrichement des rizières.....	342
Figure 180 : Progression par conquête d'un nouveau banc de vase.....	343
Figure 181 : Progression par régénération d'une coupe forestrière.....	344
Figure 182 : Quelques relevés de stabilité du boisement de terre ferme.....	346
Figure 183 : Quelques relevés de régression de la terre ferme.....	348
Figure 184 : Progression des boisements de terre ferme et erreur de cartographie.....	350
Figure 185 : Reconnaissance des éléments de paysage du finage de Diamniadio.....	355
Figure 186 : Zonage des éléments de paysage, finage de Diamniadio.....	356
Figure 187 : Les vasières à Diamniadio.....	358
Figure 188 : La terre ferme à Diamniadio.....	359
Figure 189 : Paysages de Diamniadio.....	360
Figure 190 : Le finage de Diamniadio.....	362
Figure 191 : Carte des changements de l'occupation du sol à Diamniadio.....	367
Figure 192 : Recul de la mangrove à Diamniadio.....	369
Figure 193 : Analyse rétrospective de la mangrove à Diamniadio.....	370
Figure 194 : L'enfrichement de la terre ferme à Diamniadio.....	371
Figure 195 : Analyse rétrospective de l'enfrichement des rizières à Diamniadio.....	373
Figure 196 : Évolutions du finage de Diamniadio.....	375
Figure 197 : Reconnaissance des éléments de paysage du finage de Bani.....	378
Figure 198 : Les vasières à Bani.....	380
Figure 199 : Les zones agricoles à Bani.....	381
Figure 200 : Les savanes à Bani.....	382
Figure 201 : Zonage des éléments de paysage, finage de Diamniadio.....	383
Figure 202 : Paysages de Bani.....	384
Figure 203 : Le finage de Bani.....	386
Figure 204 : Coupes de la mangrove à Bani.....	387
Figure 205 : Exploitation de <i>Daniella olivieri</i> à Bani.....	388
Figure 206 : Carte des changements de l'occupation du sol à Bani.....	393
Figure 207 : Analyse rétrospective en forêt classée à Bani.....	396
Figure 208 : Analyse rétrospective en mangrove à Bani.....	398
Figure 209 : Analyse rétrospective en zones agricoles à Bani.....	400
Figure 210 : Zone de dégradation agroforestière.....	403
Figure 211 : Évolutions du finage de Bani.....	404
Figure 212 : Reconnaissance des éléments de paysage du finage de Brefet.....	406
Figure 213 : Zonage des éléments de paysage, finage de Brefet.....	407
Figure 214 : Les zones agricoles à Brefet.....	408
Figure 215 : Les savanes à Brefet.....	409
Figure 216 : Les friches à Brefet.....	410
Figure 217 : Les vasières à Brefet.....	411
Figure 218 : Les transitions entre vasières et terre ferme à Brefet.....	412
Figure 219 : Paysages de Brefet.....	414
Figure 220 : Le finage de Brefet.....	416
Figure 221 : Carte des changements de l'occupation du sol à Brefet.....	421
Figure 222 : Analyse rétrospective des rizières de Brefet.....	423

Figure 223 : Analyse rétrospective du défrichement et de la densification forestière à Brefet.....	424
Figure 224 : Analyse rétrospective des friches de Brefet .....	426
Figure 225 : Évolution du finage de Brefet .....	428
Figure 226: Reconnaissance des éléments de paysage du finage de Kamobeul .....	430
Figure 227 : Zonage des éléments de paysage, finage de Kamobeul.....	431
Figure 228 : Les friches à Kamobeul.....	432
Figure 229 : Les mangroves à Kamobeul .....	433
Figure 230 : L'agroforêt à Kamobeul (1) .....	434
Figure 231 : L'agroforêt à Kamobeul (2) .....	435
Figure 232 : Les rizières à Kamobeul .....	436
Figure 233 : Paysages de Kamobeul.....	438
Figure 234 : Le finage de Kamobeul .....	440
Figure 235 : Carte des changements de l'occupation du sol à Kamobeul.....	444
Figure 236 : Analyse rétrospective de la mangrove à Kamobeul .....	446
Figure 237 : Analyse rétrospective des friches à Kamobeul.....	448
Figure 238: Analyse rétrospective de l'agroforêt à Kamobeul .....	449
Figure 239 : Évolution du finage de Kamobeul.....	451
Figure 240 : Reconnaissance des éléments de paysage du finage d'Apilho .....	453
Figure 241 : Zonage des éléments de paysage, finage d'Apilho.....	454
Figure 242 : Les marges de l'agroforêt à Apilho .....	455
Figure 243 : L'agroforêt à Apilho.....	456
Figure 244 : Rizières enfrichées à Apilho .....	457
Figure 245 : Paysages à Apilho .....	459
Figure 246 : Le finage d'Apilho .....	460
Figure 247 : Carte des changements de l'occupation du sol à Apilho .....	464
Figure 248 : Analyse rétrospective de la mangrove à Apilho.....	466
Figure 249 : Analyse rétrospective des vergers d'anacardier à Apilho.....	468
Figure 250 : Analyse rétrospective de l'agroforêt à Apilho.....	469
Figure 251: Évolutions du finage à Apilho.....	471
Figure 252 : Similarité des discours d'un même village sur deux enquêtes .....	476
Figure 253 : Discrétisation des villages par A.F.C. sur les fréquences d'emploi des mots .....	477
Figure 254 : Fréquences d'emploi des mots liés aux activités.....	477
Figure 255 : Fréquences d'emploi des mots liés au paysage .....	478
Figure 256 : Distinction des villages insulaires du Saloum des villages du continent.....	478
Figure 257 : Typologie des villages par analyse lexicométrique.....	479
Figure 258 : Examen du finage de Baouth en comparaison avec celui de Diamniadio .....	483
Figure 259 : Examen du finage de Nema en comparaison avec celui de Bani .....	484
Figure 260 : Examen du finage de Batending en comparaison à celui de Brefet.....	485
Figure 261 : Examen du finage d'Enampore en comparaison avec celui de Kamobeul.....	486
Figure 262 : Examen du finage de Mate-Galinha en comparaison avec celui de Diamniadio .....	487



*Table des tableaux*

Tableau 1 : Services écologiques (d'après le millennium assessment report).....	71
Tableau 2 : Images satellite traitées.....	87
Tableau 3 : Fenêtres spectrales des trois satellites LANDSAT .....	113
Tableau 4 : Tableau de contingence présence – descripteur.....	164
Tableau 5 : Tableau de contingence <i>Anogeissus leiocarpus</i> – latitude .....	164
Tableau 6 : Fiche de relevé des informations pour la confrontation de la carte à la réalité du terrain.....	173
Tableau 7 : Fréquences d'utilisation des mots ordonnées dans l'ordre décroissant. ....	183
Tableau 8 : Taux de boisements des différentes sous régions.....	198
Tableau 9 : Liaisons entre espèces et descripteurs de pluviosité .....	249
Tableau 10 : Information de distribution (début, fin, groupement, hétérogénéité) des espèces septentrionales.....	250
Tableau 11 : Information de distribution (début, fin, groupement, hétérogénéité) des espèces centrales.....	250
Tableau 12 : Information de distribution (début, fin, groupement, hétérogénéité) des espèces méridionales.....	251
Tableau 13 : Liaison des espèces avec le descripteur bas-fonds.....	251
Tableau 14 : Liaisons entre espèces et paysages.....	254
Tableau 15 : Les étapes clés du rythme biologique.....	257
Tableau 16 : interprétation des axes.....	283
Tableau 17 : Importances en superficies des différentes cinématiques.....	308
Tableau 18 : Vérité terrain des relevés de stabilité de mangrove.....	329
Tableau 19 : Vérité terrain des relevés de progression de mangrove.....	339
Tableau 20 : vérité terrain des sites de stabilité des boisements de terre ferme.....	345
Tableau 21 : vérité terrain des relevés de progression des boisements de terre ferme.....	349
Tableau 22 : Appréciation des changements à l'échelle des éléments de paysage.....	474
Tableau 23 : Appréciation des changements à l'échelle des paysages.....	474
Tableau 24 : Appréciation des changements à l'échelle des finages.....	474

## ***BIBLIOGRAPHIE***

- ACKERMANN G., ALEXANDRE F., ANDRIEU J., MERING C., OLLIVIER C. Dynamique des paysages et perspectives de développement durable sur la Petite Côte et dans le delta du Sine-Saloum (Sénégal). *VertigO*. vol. 7 n°2, 9p.
- AGYEN-SAMPONG M. Mangrove swamp rice production in West Africa. 1994. In : *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud (du Sénégal à la Sierra Leone)*. éd. par M.-C. Cormier-Salem. Paris : O.R.S.T.O.M. (Colloques et Séminaires). p. 185-188.
- AKPO L. E. Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. Les déterminants écologiques. 1993. Paris : O.R.S.T.O.M. (TDM). 174 p.
- AL-BAKRI J. T., TAYLOR J. C. Application of NOAA AVHRR for monitoring vegetation conditions and biomass in Jordan. 2003. *Journal of Arid Environments*. vol. 54. n°3. p. 579-593.
- ALEXANDRE F. Entre midis méditerranéen et atlantique, une transition phytoclimatique du Languedoc à l'Aquitaine. 1994. Thèse de doctorat, Département de géographie, Université Paris7-Denis Diderot, Paris. 428 p.
- ALEXANDRE F., GENIN A., GODRON M., LECOMPTE M. Distribution des plantes et organisation de la végétation. 1998. *L'espace géographique*. vol. 3. n°1. p. 228-238.
- ALEXANDRE F., COHEN M., LECOMPTE M., SAADI N., GENIN A. Etude des variations spatiales de la végétation le long d'une coupe botanique à travers le Queyras. 1999. *Revue de géographie Alpine*. vol. 87. n°4. p. 9-24.
- ALEXANDRE F., COHEN M., GENIN A., LECOMPTE M. Essai phytogéographique dans les Alpes occidentales, entre Rhône et Pô. 2002. *L'espace géographique*. vol. 31. n°2. p. 153-162.
- ANDRIEU J. La végétation dans les Baronnies. Phytogéographie et phytoécologie aux échelles moyennes d'un espace de transition floristique. 2004. Maîtrise, Département de géographie, Université Paris7-Denis Diderot, Paris. 166 p.
- ANDRIEU J., ALEXANDRE F., MERING C. 2008. De la dynamique de la végétation à la dynamique des paysages, Analyse rétro-prospective de la végétation ouest-africaine en relation avec les transformations du milieu et des pratiques. L'exemple de l'île de Diamniadio (Delta du Saloum, Sénégal). 2008. In : Actes du colloque : *Paysages et environnement, de la reconstitution du passé aux analyses prospectives*, Chilhac, 2006. p. 345-358.
- ARBONNIER M. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. 2002. Montpellier : CIRAD, 574 p.
- ARCHER E. R. M. Beyond the « climate versus grazing » impasse: using remote sensing to investigate the effects of grazing system choice on vegetation cover in the eastern Karoo. 2004. *Journal of Arid Environments*. vol. 57. p. 381-408.
- AUBREVILLE A. Flore forestière soudano-guinéenne, A.O.F - Cameroun - A.E.F. 1950. Paris : Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales – O.R.S.T.O.M. 523 p.

AUBREVILLE A. Accords à Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation. 1957. *Bois et forêts des tropiques*. vol. 51. p. 23-27.

AUBRUN A., MARIUS C. Cartographie des mangroves : exemple de la vallée de Bignona. 1989. *Science du sol*. vol. 27. n°1. p. 57-60.

AVENARD J.-M. Réflexions sur l'état de la recherche concernant les problèmes posés par les contacts forêts – savane. 1969. Paris : O.R.S.T.O.M. n°35. 254 p.

BA M., CHABOUD C., BARUSSEAU J.-P., (collab.), CORMIER-SALEM M.-C. (collab.), MONTOROI J.-P. (collab.), RUE O. (collab.), SOW M. (collab.), CHAMPAUD J. (collab.). La transformation du milieu : facteurs et acteurs. 1999. In : *Rivières du Sud : sociétés et mangroves ouest-africaines*. éd. par M.-C. Cormier-Salem. Paris : I.R.D. . p. 269-317.

BADIANE N.-Y. Statut organique et microbiologique des sols dans les systèmes agroforestiers et à jachère du Sénégal. 1998. Mémoire, Faculté des sciences et techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar. 62 p.

BANQUE DE FRANCE. Rapport annuel 2005 de la zone franc. 2006. <http://www.banque-france.fr/fr/publications/catalogue/zonefr.htm>. 270p.

BARBIER E. B. The economic linkages between rural poverty and land degradation: some evidence from Africa. 2000. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 82. n°1-3. p. 355-370

BART F. (sous la direction de). L'Afrique continent pluriel. 2004. Paris : CNED - SEDES. 252p.

BARUSSEAU J.-P., DIOP E. S., SAOS J.-L. Evidence of dynamics reversal in tropical estuaries, Geomorphological and sedimentological consequences. (Salum and Casamance Rivers, Senegal). 1985. *Sedimentology*. Vol. 32. p. 543-552.

BARUSSEAU J.P., BA M. (collab.), DIOP S. (collab.). L'environnement physique. 1999. In : *Rivières du Sud : sociétés et mangroves ouest-africaines*. éd. par M.-C. Cormier-Salem. Paris : I.R.D. p. 33-61.

BASSEL M. Conséquence durable de deux décennies de sécheresse : l'hypersalinisation de la Casamance. 1993. Mémoire, Département de géographie. Université Cheikh Anta Diop, Dakar. 23 p.

BASSETT J., BOUTRAIS J. Cattles and Trees. 2000. In : *Contesting forestry in West Africa*. éd. par C. M. R. Cline-Cole. London : Ashgate. p. 242-263.

BATTERBURY S., WARREN A. Viewpoint. The African Sahel 25 years after the great Drought : assessing progress and moving toward new agendas and approaches. 2001. *Global Environmental Change*. vol. 11. p. 1-8.

BENZECRI J.-P. (sous la direction de). L'analyse factorielle. 1973. Paris : Dunod. 619 p.

BERGES J.-C., LACAZE B., SMIEJ M. F. Vers un suivi en temps réel de la sécheresse au Maroc à partir des données Météosat Seconde Génération (MSG). A paraître. In : Actes du colloque : *Aménagement du territoire et risques environnementaux*. Fès, Avril 2005. 7p.



BERNUS E., SAVONNET G. Les problèmes de la sécheresse en Afrique de l'ouest. 1973. *Présence Africaine*. vol. 88. p. 113-138.

BERTNESS M.-D. The ecology of atlantics shorelines. 1999. Sunderland : Sinauer. 417p.

BERTRAND G., BEROUTCHACHVILI N. Le géosystème ou système territorial naturel. 1978. *Revue de Géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest*. vol. 49, n° 2, p. 17-18.

BERTRAND F. Contribution à l'étude de l'environnement et de la dynamique des mangroves de Guinée. 1991. Données de terrain et apport de la télédétection. Thèse, UFR de Géographie, Université de Bordeaux III, Bordeaux. 201 p.

BERTRAND F., Une unité éclatée. 1999. In : *Rivières du Sud : sociétés et mangroves ouest-africaines*. éd. par M.-C. Cormier-Salem.. Paris : I.R.D. . 1999. p. 319-394.

BERQUE A. Paysage, milieu, histoire. 1994. In : *Cinq propositions pour une théorie du paysage*. Seyssel : Éditions champs-vallons. p. 13-29

BLANDIN P., LAMOTTE M., Ecologie des systèmes et aménagement : fondements théoriques et principes méthodologiques. 1984. In : *Fondements rationnels de l'aménagement d'un territoire*. Paris : Masson. p. 139-162.

BLASCO, F., KERREST, R., MARIUS, C. Considérations of some ecological factors influencing the biology of mangroves. 1985. In : actes du colloque *National symposium of Biology*, Bhosal, 1985.

BLASCO F., SAENGER P., JANODET E. Mangroves as indicator of coastal change. 1996. *Catena*. vol. 27. p. 167-178.

BOADEN P. J. S., SEED R. An Introduction to coastal ecology. 1996. London : Blackie academic and professional. 224 p.

BOSC P.-M., CHAUVEAU J.-P., CORMIER-SALEM M.-C., DUBOIS J.-P., GASTELLU J.-M., LANGLOIS M., LERICOLLAIS A., LE ROY X., MILLEVILLE P., RUF T., SANTOIR C., SERPENTIE G. Stratégies et comportements des agriculteurs les plus pauvres vis-à-vis de l'intensification et de la préservation des ressources naturelles dans les pays de l'Afrique soudano-sahélienne. 1995. Montpellier, O.R.S.T.O.M. . 141 p.

BOSC P.-M. A la croisée des pouvoirs : une organisation paysanne face à la gestion des ressources, Basse Casamance, Sénégal. 2005. Paris : I.R.D. (Collection à travers champs). 310 p.

BOUJU S. Historique sur les populations côtières de Guinée et de Sierra Leone : premiers regards sur l'exploitation des ressources des côtes méridionales des rivières du Sud. In : *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud (du Sénégal à la Sierra Leone)*. 1994. éd. par M.-C. Cormier-Salem. Paris : O.R.S.T.O.M. , (Colloques et Séminaires) p. 89-96.

BRAQUE R. Biogéographie des continents. 1988. Paris : Masson 470 p.

BRASSEUR G. L'exploitation agricole dans les pays de savane de l'Afrique de l'ouest. 1972. In : *Agricultural Typology and Land Utilisation*. Verone : Centre of Agricultural Geography. p. 247-257

- BRAUN-BLANQUET J., DE BOLOS O. Les groupements végétaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme. 1957. *Ann. Estac. Exp. de Aula dei*. vol.5. n°4. 266 p.
- BROOKS G. E. Landlords and strangers. Ecology, Society, and trade in Western Africa 1000-1630. 1993. Boulder : Westview Press. 360 p.
- BRUNEL S. L'Afrique, Un Continent En Réserve De Développement. 2003. Rosny-sous-bois : Boréal éditions. 235 p.
- BRUNET R., FERRAS R., THERY H. Les mots de la géographie, dictionnaire critique. 1993. Paris : Reclus. 509 p.
- BRUNET-MORET Y. Etudes hydrologiques en Casamance. 1970. Paris : O.R.S.T.O.M (Fonds documentaires). 52 p.
- BUDDE M. E., TAPPAN G., ROWLAND J., LEWIS J., TIESZEN L. L. Assessing land cover performance in Senegal, West Africa, Using 1-km integrated NDVI and local variance analysis. 2004. *Journal of Arid Environments*. vol. 59 p. 481-498.
- BUREL F., BAUDRY J. Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications Paris : TEC & DOC. 1999. 362 p.
- CAMARA Y. Effet du raccourcissement du Temps de Jachère sur la régénération de *Pterocarpus erinaceus* en Haute Casamance (Sénégal). 1997. Mémoire, Ecole nationale des cadres ruraux, Bambey. 32 p.
- CHAPELL A., AGNEW C. T. Modelling climate change in West African Sahel rainfall (1931-90) as an artefact of changing station locations. 2005. *International Journal of Climatology*. vol. 24. n°5. 547-554.
- CHEVALIER A. Les zones et les provinces botaniques de l'AOF. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. 1900. vol. 130. n°18. p. 1205-1208.
- CHOWDHURY R. R. Landscape change in the Calakmu Biosphere Reserve, Mexico : Modelling the driving forces of smallholder deforestation in land parcels. 2006. *Applied geography*. vol. 26. p. 129-152.
- CIRAD. Mémento de l'agronome. 2003. Paris : CIRAD - Gret, Ministère des Affaires étrangères. 5<sup>ème</sup> éd. 1692 p.
- CONDAMIN M. Dégradation anthropique des forêts de Basse-Casamance. 1988. *Notes de Biogéographies*. Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop, Dakar. p. 115-120.
- COPPIN P., LAMBIN E., JONCKHEERE I., MUYS B. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review. *International Journal of Remote Sensing*. vol. 25 n°9. p. 1565-1596.
- CORMIER-SALEM M.-C., Gestion et évolution des espaces aquatiques : la Casamance. 1992. Paris : O.R.S.T.O.M. éditions.

CORMIER-SALEM M.-C. (éd.). Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud (du Sénégal à la Sierra Leone). 1994. Paris : O.R.S.T.O.M. (Colloques et Séminaires) 353 p.

CORMIER-SALEM M.-C. Du riz, des poissons, des hommes. Stratégies paysannes des populations littorales de Rivières du Sud (Du Sénégal à la Sierra Leone). 1995. Résumé de présentation pour le colloque : *Quel avenir pour les rizicultures de l'Afrique de l'ouest*, Bordeaux 1995.

CORMIER-SALEM M.-C. Des littoraux aux limites mouvantes. 1999. *Rivières du Sud : sociétés et mangroves ouest-africaines*. éd. par M.-C. Cormier-Salem Paris : I.R.D. p. 17-30

CORMIER-SALEM M.-C. (éd.). Rivières du Sud : sociétés et mangroves ouest africaines. 1999. Paris : éd. de l'I.R.D. vol. 1. 416 p.

CREWS-MEYER K. A. Agricultural landscape change and stability in northeast Thailand: historical patch-level analysis. 2004. Agriculture, Agrosystems and Environments. Vol. 1 n°2-3. p. 155-169.

CUQ F., MADEC V., GOURMELON F. Mise à jour de la carte d'occupation du sol des provinces côtières de Guinée-Bissau. 1996. *Mappemonde*. N°4. p. 21-26.

D'AMATO N., LEBEL T. On the characteristics of the rainfall events in the Sahel with a view to the analysis of climatic variability. 1998. *International Journal of Climatology*. vol. 18. p. 955-974.

DA LAGE A. METAILIE G. Dictionnaire de biogéographie végétale. 2000. Paris : C.N.R.S. éditions. 580 p

DACOSTA H. Variabilité des précipitations sur le bassin versant du Saloum. 1992. In : *Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal*, Atelier de Gorée éd. par Diaw A. T. p. 87-111

DAGET P., GODRON M. Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés. 1982. Paris, Masson.

DAGNELIE P. Quelques problèmes scientifiques posés par l'utilisation de l'analyse factorielle en phytosociologie. 1960. *Bulletin de l'institut agronomique de Gembloux* vol. 1 p. 430-438.

DAHDOUH-GUEBAS F., KOEDAM N. Are the northernmost mangroves of West Africa viable? - a case study in Banc d'Arguin National Park, Mauritania. 2001. *Hydrobiologia*. vol. 458. p. 241-253.

DAI A., LAMB P.-J., TREBERTH K. , HULME M. , JONES P. D. , XIE P. The recent Sahel Drought is real. 2005. *International Journal of climatology*. vol. 24, p. 1323-1331.

DESCAMPS C. La collecte des arches, une activité bi-millénaire dans le Bas-Saloum (Sénégal). In : *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud (du Sénégal à la Sierra Leone)*.1994. éd. par M.-C. Cormier-Salem. Paris : O.R.S.T.O.M. (Colloques et Séminaires) p. 107-113.



- DESHAYES M., GUYO D., JEANJEAN H., STACH N., JOLLY A., HAGOLLE O. The contribution of remote sensing to the assessment of drought effects in forest ecosystems. 2006. *Annals of Forest Science*. vol. 63. p. 579-595.
- DE WOLF J. Species composition and structure of the woody vegetation of the middle Casamance region (Senegal). 1998. *Forest Ecology and Management*. vol. 111. p. 249-264.
- DIALLO, M.-T. Importance des ligneux dans des jachères naturelles et améliorées en Basse Casamance. Structure, Biomasse et fertilité induite. 1995. mémoire, Département de production forestière, Ecole Nationale des Cadres Ruraux de Bambay Bambey. p. 41.
- DIOW A. T. (sous la direction de). Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal, Atelier de Gorée. 1993. Gland : U.I.C.N. 487 p.
- DIDAY E. Une nouvelle méthode de classification automatique et reconnaissance des formes : la méthode des nuées dynamiques. 1971. *Revue de statistiques appliquées*. vol. 19. p. 19-33.
- DIOP E. S. La côte ouest-africaine. Du Saloum à la Méllacorée. 1990. Paris : O.R.S.T.O.M (études et thèses). 2 vol. 379 p.
- DIOP E. S., SOUMARE A., DIALLO N., GUISSÉ A. Recent changes of the mangroves of the Saloum River Estuary, Senegal. 1997. *Mangroves and salt marshes*. vol. 1. p. 163-172.
- DIOUF P. S. Les peuplements de poisson des milieux estuariens de l'Afrique de l'ouest : l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine-Saloum. 1996. Paris : O.R.S.T.O.M (études et thèses). 267 p.
- DUCHAUFOR P. Introduction à la science du sol. 2001. Paris : Dunod. 796 p.
- DUCHEMIN B., BERTHELOT B., DEDIEU G., LEROY M., MAISONGRANDE P. Normalisation of directional effects in 10-days global syntheses derived from VEGETATION/SPOT :II. Validation of an operational method on actual data sets. 2002. *Remote Sensing of Environments*. vol. 81. p. 101-113.
- DUKE N. C., A World Without Mangroves? 2007. *Science*. vol. 317. n°. 5834. p. 41-42.
- ECOUTIN J.-M. BARRY M.B., BOUJU S., CHARLES-DOMINIQUE E., JOURNET O., PENOT E., RÛE O. Aménagement technique du milieu. 1999. In : *Rivières du Sud : sociétés et mangroves ouest-africaines*. éd. par M.-C. Cormier-Salem. Paris : I.R.D. p. 209-268.
- ELHAI H. Biogéographie. 1968. Paris : Armand Colin. 407 p.
- EMBERGER L., GODRON M. Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. 1968. Paris, C.N.R.S. 292 p.
- FAIRHEAD J., LEACH M. False Forest History, Complicit Social Analysis : Rethinking Some West African Environmental narratives. 1995. *World development*. vol. 23. n°6. p. 1023-1035.
- FALL S., SEMAZZI F., H., M., NIYOGI D. D. S., ANYAH R. O., BOWDEN J. The spatiotemporal climate variability over Senegal and its relation ship to global climate. 2006. *International Journal of Climatology*. vol. 27. p. 2057-2076.

- FAURE H., VIEILLEFON J., DIOP C.-A. (1974). Evolution de la ligne de Rivage holocène de Casamance (Sud du Sénégal). *Bulletin de l'Association Sénégalaise d'Etudes Quaternaires*. vol. 42-43. p. 91-100.
- FAYE M. Etude phénologique du Genre *Rhizophora* et influences des facteurs édaphiques (pH et salinité) sur la végétation de la mangrove de l'estuaire du Saloum, Sénégal. 2000. Mémoire, Faculté des sciences et techniques Université Cheikh Anta Diop, Dakar. 43 p.
- FAZENDEIRO-CATARINO L.-M. Fitogeografia da Guiné-Bissau. 2004. Thèse, Instituto superior de agronomia, Universidade técnica de Lisboa, Lisboa. 440 p.
- FENSHOLT R., SANDHOLT I., STISEN S., COMPTON T., Analysing NDVI for the African continent using the geostationary meteosat second generation SEVIRI sensor. 2006. *Remote Sensing of Environment*. vol. 101 p. 212-229.
- FORMAN R.T.T., GODRON. M. Landscape Ecology. 1986. New York : John Wiley and Sons, Inc. 619p.
- FOURY P. Politique forestière au Sénégal. 1953. Bois et Forêts des Tropiques vol. 30 p. 8-21.
- FRASE R.H., ABUELGASIM A., LATIFOVIC R. A method for detecting large-scale forest cover change using coarse spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*. vol. 95. p. 414-427.
- GARIN P., FAYE A., LERICOLLAIS A., SISSOKHO M., Evolution du rôle du bétail dans la gestion de la fertilité des terroirs sereer au Sénégal. *Cahiers de la recherche-développement*. n°26. p. 65-84.
- GENIN, A. Les contrastes entre domaines phytoclimatiques. Exemple de la bordure cévenole. 1995. Thèse, département de Géographie. Université Paris7-Denis Diderot, Paris. p. 378.
- GEORGE P., VERGER F., Dictionnaire de la géographie. 1970. Paris : PUF. 474p.
- GILBERTAS B., VAN INGEN N. Sénégal : les fleuves de la vie. *Terre Sauvage*, 2008. n°215. p.12-35.
- GODRON M. Application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation. 1966. *Oecol. Plant*. vol. 1.p. 185-212.
- GODRON M. Les groupes écologiques regroupés en écaïlles. 1967. *Oecol. Plant*. Vol. 2. p. 217-266.
- GODRON M. Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale." 1968. *Oecol. Plant*. vol. 3. p. 217-266.
- GODRON M. Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux. 1971. Thèse d'état, Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier. 247 p.
- GODRON M. L'étude du "grain" de la structure de la végétation. Application à quelques exemples méditerranéens. 1982. *Ecologia mediterranea* vol. 8. n°1-2. p. 191-195.

- GODRON M., ANDRIEU J. Mise en évidence d'un continuum à facette. 2008. In : *Continu et discontinu dans l'espace géographique*, Actes du Colloque C.N.R.S. Maison des Sciences de l'Homme, Université de Tours, novembre 2002. p. 145-170
- GODRON M., JOLY H. Dictionnaire du Paysage. 2008. Paris : PUF-CILF. 287 p.
- GORSE, J. Les plantations de Darcassou (*Anacardium occidentale*) au Siné-Saloum. 1962. *Bois et Forêt des Tropiques* vol. 86. p. 19-26.
- GOUJON P., LEFEBVRE A., LETURCQ P., MARCELLESI A.-P., RALORAN J.-C. Etudes sur l'anacardier. 1973. *Bois et Forêt des Tropiques* vol. 151 p. 27-54.
- GRATIOT N., ANTHONY E., GARDEL A., GAUCHEREL C., PROISY C. AND WELLS J.T., Significant contribution of the 18.6 year tidal cycle to regional coastal changes. *Nature Geoscience*. vol. 1. p. 169-172.
- GROUZIS M., AKPO E. Dynamique des interactions arbre-herbe en milieu sahélien : influence de l'arbre sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée. 1998. In : *L'acacia au Sénégal*, éd. par. C. Campa. Dakar, O.R.S.T.O.M. (colloques et séminaires) p. 37-46.
- GUIRAL D., ALBARET J.-J., BARAN E., BERTRAND F., DEBENEY J.-P., DIOUF P.-S., GUILLOU J.-J., LE LÈUFF P., MONTOROI J.-P., SOW M. Les écosystèmes à mangrove. 1999. In : *Rivières du Sud : sociétés et mangroves ouest-africaines*. éd. par M.-C. Cormier-Salem. Paris : I.R.D. p. 63-130.
- HERRMANN S. M., ANYAMBA A., TUCKER C. J. Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate. 2005. *Global Environmental Change*. vol. 15. p. 394-404.
- HEUMANN B.W., SEAQUIST J.W., EKLUNDH L., JONSSON P., AVHRR derived phenological change in the Sahel and Soudan, Africa, 1982-2005. 2007. *Remote Sensing of Environment*. vol. 108. p. 385-392.
- HOGARTH, P. J. The biology of mangroves. 1999. London, Chapman and Hall. 371 p.
- HUBERT-MOY L. Occupation du sol et télédétection : de l'inventaire à la modélisation prédictive. 2004. Texte de synthèse de l'HDR, Département de géographie, Université Rennes 2, Rennes. 279p.
- HUETZ DE LEMPS A. Les Paysages végétaux du Globe. 1994. Paris : Masson. 182 p.
- HULME M., DOHERTY R., NGARA T., NEW M., LISTER D. African climate change : 1900-2100. *Climate Research*. vol. 17. p. 145-168.
- JU J., GOPAL S., KOLACZYK, E.D. On the choice of spatial and categorical scale in remote sensing land cover classification. 2005. *Remote sensing of environment*. vol. 96. p. 62-77.
- KIENER A. Ecologie, physiologie et économie des eaux saumâtres. 1978. Paris : Masson. 220 p.
- LABBÉ C., LABBÉ D. Inter-textual distance and authorship attribution Corneille and Molière. 2001. *Journal of Quantitative Linguistics*. vol.8. n°3. p. 213-231.



- LACAZE B., BERGES J.-C. Contribution of Meteosat Second Generation (MSG) to Drought early Warning. In : Actes du colloque *Remote sensing and Geoinformation Processing in the Assessment and Monitoring of Land Degradation and Desertification : State of the Art and Operational Perspectives*. Trier, 2005. 8p.
- LATIFOVIC R., ZHI-LIANG Z., CIHLAR J., GIRI C., OLTHOF I. Land cover mapping North and Central America: Global Land Cover 2000. 2004. *Remote Sensing of Environment* vol. 89 p. 116-127.
- LATOUR B. Politiques de la nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie. 1999. Paris : La Découverte & Syros. 382 p.
- LE BARBE L., LEBEL T. Rainfall climatology of the HAPEX Sahel region during the years 1950-1990. 1997. *Journal of Hydrology*. vol. 43 n°73.p. 188-189.
- LE RHUN J., VERGER F., DIAW A. T., THIAM M. D. Géographie des terrains salés et nus de mangrove : la problématique des tannes. 1992. In : *Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal*, Atelier de Gorée éd. par Diaw A. T. p. 25-38.
- LE HEGARAT-MASCLE S., SELTZ R., HUBERT-MOY L., CORGNE S., STACH N. Performance of change detection using remotely sensed data evidential fusion: comparison of three cases of application. 2006. *International Journal of Remote Sensing*. vol. 27. n°16. p. 3515-3532.
- LEBART L., SALEM A., *Statistique Textuelle* 1994. Paris : Dunod, 344 p.
- LECOMPTE M. Analyse des rapports climat-végétation par une méthode d'échantillonnage continu. 1973. *Bulletin de la Société des Sciences naturelles et physiques du Maroc*. vol. 53. n° 1-2. p. 37-61.
- LECOMPTE, M. Biogéographie de la montagne marocaine : le Moyen-Atlas Central. 1986. Paris : C.N.R.S. 202 p.
- LEGENDRE L., LEGENDRE P. *Écologie numérique*. 1979. Paris : Masson, 2 vol. 197 et 247 p.
- LERICOLLAIS A. Sob, étude géographique d'un terroir sérère (Sénégal). 1972. Paris : O.R.S.T.O.M. (Atlas des structures agraires au Sud du Sahara, n°7). 110p.
- LERICOLLAIS A. Le bassin de l'arachide. 1983. In : *Atlas Jeune Afrique*. éd. par P. Péliissier p. 50-53.
- LERICOLLAIS A. La recherche face au changement des systèmes de production agricoles sahéliens. 1985. *Marchés tropicaux*. vol. sp. Produits tropicaux. p. 1438-1441.
- LERICOLLAIS A. La mort des arbres à Sob en Pays Serrer (Sénégal). 1989. In : *Tropiques : lieux et liens : florilège offert à Paul Péliissier et Gilles Sautter*. éd. par A. Dubresson A. Paris : O.R.S.T.O.M. (Didactiques). p. 187-197.
- LEVEQUE C., MUXART T., VAN DER LEEUW S., WEILL A., ABBADIE L. L'anthroposystème et la zone atelier : nouveaux concepts territorialisés de l'étude des interactions sociétés-milieus. 2008. In : *Continu et discontinu dans l'espace géographique*, Actes du Colloque C.N.R.S. Maison des Sciences de l'Homme, Université de Tours, novembre 2002. p. 279-294.

- LEVY J., LUSSAUL M. (sous la direction de), Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés. 2003. Paris : Belin. 134 p.
- L'HOTE, Y., MAHE, G., SOME, B., TRIBOULET J.-P. Analysis of a Sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000: the drought continues. 2002. *Hydrological Sciences Journal*. vol. 47 n°4 p. 563-572.
- LOYER J.-Y. Les sols salés de la basse vallée du fleuve Sénégal. Caractérisation, distribution et évolution sous culture. 1989. Paris, O.R.S.T.O.M. (études et thèses). 130 p.
- LU D., MAUSEL P., BRONDIZIO E., MORAN E. Change Detection techniques. 2004. *International Journal of Remote Sensing*. vol. 5. n° 12. p. 2365-2401.
- MAC NAE W. A general account of the flora and fauna of mangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific region. 1968. *Advances in Marine Biology*. vol. 6 n°1 p. 73-270.
- MAHE G., L'HOTE Y. Utilisation de la méthode du vecteur régional pour la description des variations pluviométriques interannuelles en Afrique de l'Ouest et centrale. 1992. In : actes du colloque *Régionalisation en hydrologie : application au développement*. Journées Hydrologiques de l'O.R.S.T.O.M. Montpellier. 1992. p. 175-192.
- MAIGNIEN R. 1961. Le passage des sols ferrugineux aux sols ferralitiques dans les régions sud-ouest du Sénégal. *African soils*. vol. 6 n°2-3. p. 113-228.
- MAPEDZA E., WRIGHT J., FAWCETT R. An investigation of land cover change in Mafungausti Forest, Zimbabwe, using GIS and participatory mapping. *Applied geography*. vol. 23. p. 1-21.
- MARIUS C. 1985. Mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie : mise en valeur et aménagement. Paris, O.R.S.T.O.M (Travaux et Documents). 357 p.
- MARIUS C. Effets de la sécheresse sur l'évolution des mangroves du Sénégal et de la Gambie. 1995. *Sécheresse*. vol. 6. n°1. p. 123-125.
- MARIUS C., LUCAS J., KALCK Y. Evolution du golfe de Casamance au Quaternaire récent et changement de la végétation et des sols de mangrove liés à la sécheresse actuelle. 1986. Symposium, *changements globaux en Afrique*, Dakar 1986. 3p.
- MASOUD A.A., KOIKE K. Arid land salinization detected by remote-sensed landcover changes: A case study in the Siwa Region, NW Egypt. 2006. *Journal of Arid Environments*. vol. 66. 151-167.
- MENDY P. La dynamique contrastée de la gestion des espaces littoraux de la Guinée-Bissau. 1994. In : *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud (du Sénégal à la Sierra Leone)*. éd. par M.-C. Cormier-Salem. Paris : O.R.S.T.O.M. (Colloques et Séminaires), p. 195-208.
- MERING C., BERGES J.C., Chopin F., LACAZE B. Fusion entre les images Landat et les images Météosat, Application à la cartographie thématique issue de MSG. 2007. *MÉTÉOSAT SECONDE GÉNÉRATION un nouvel instrument de suivi de l'environnement*. Dijon, 2007.

MESSINA J.-P., WALSH S.-J., MENA C. F., DELAMATER P. L. Land tenure and deforestation patterns in the Ecuadorian Amazon : conflicts in land conservation in frontier settings. 2006. *Applied geography*. vol. 26. p. 113-128.

MICHEL P. Les bassins des fleuves Gambie et Sénégal. Etude géomorphologique. 1973. Paris : O.R.S.T.O.M (mémoires). 810 p.

MICHEL P. La dégradation des paysages au Sénégal. In : *La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest*. éd. par J.-F. Richard. Dakar : Université Cheikh Anta Diop. p. 37-54.

MILLENIUM ASSESSEMENT REPORT. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. 2006. Washington : Island Press, 155 p.

MOGUEDET G. Le milieu de mangrove au congo. 1980. In : *Mangroves d'Afrique et d'Asie*. Talence : Centre de Géographie Tropicale. p. 3-19.

MONTOROI, J.-P. Gestion durable des sols de la mangrove au Sénégal en période de sécheresse : dynamique de l'eau et géochimie des sels d'un bassin versant aménagé. 1996 (a). Paris : O.R.S.T.O.M. 263 p.

MONTOROI, J. P. Mise en valeur des bas-fonds en Basse-Casamance. 1996 (b). *Agriculture et Développement*. vol. 10. p. 61-73.

MOREAU N. Contribution de la télédétection à l'étude de l'évolution des paysages des mangroves de l'Afrique de l'ouest. 1992. Thèse, Département de géographie. Bordeaux III, Bordeaux. 276 p.

MOREAU N. Mise en évidence et cartographie par télédétection de l'évolution de la mangrove dans les îles du Saloum ces trois dernières décennies (de 1972 à 2001). 2004. *Photointerprétation* vol. 4 p. 23-26.

MOUGENOT, B., ZANTE P., MONTOROI, J.-P. Détection et évolution saisonnière des sols salés et acidifiés du domaine fluvio-marin de Basse-Casamance au Sénégal, par imagerie satellitaire. 1990. In : actes du colloque *Apports de la télédétection à la lutte contre la sécheresse*. Thiès, 1990. Paris, AUPELF-UREF et J. Libbey eurotext. p. 53-68.

MOUGENOT B. Analyse spectrale d'une mangrove dégradée au Sud du Sénégal. 1991. In : actes du colloque *Mesures physiques et signatures en télédétection*, Courchevel, 1991. Paris, ASE. P. 23-26.

MUCHONEY D., HAACK B., Change detection for monitoring forest defoliation. 1994. *Photogrammetric Engineering and remote sensing*. vol. 60. n°10. p. 1243-1251.

NAGENDRA H., PAREETH S., GHATE R., People within parks-forest villages, land-cover change and landscape fragmentation in the Tadoba Andhari Tiger Reserve, India. 2006. *Applied Geography*. vol. 26. p. 96-112

NDIAYE P., Evolution récente du couvert végétal de la forêt classée de Pout (Sénégal). In : *La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest*. éd. par J.-F. Richard. Dakar : Université Cheikh Anta Diop. p. 135-150.

NDIONGUE B. M. Etude de la filière de commercialisation du bois de chauffe de palétuvier provenant de la RBDS. 2001. Mémoire de DEA, Université Cheikh Anta Diop, Dakar. 125 p.



- NGUESSAN E., BELLAN M.-F., BLASCO F., Suivi par télédétection spatiale d'une forêt tropicale humide protégée soumise à des pressions anthropiques. 2003. *Télédétection*. vol. 3 n°5. p. 443-456.
- NICHOLSON S. Climatic and environmental change in Africa during the last two centuries. 2001. *Climate research*. vol. 17 p. 123-144.
- NICHOLSON S. On the question of the "recovery" of the rains in the West African Sahel. 2005. *Journal of Arid Environments* vol. 63. p. 615-641.
- OCHOA-GAONA S., GONZALES-ESPINOSA M. Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico. 2000. *Applied Geography* vol. 20. p. 17-42.
- PAGES J., DEBENAY J.-P., LEBRUSQ J.-Y. L'environnement estuarien de la Casamance. 1987. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*. vol. 20 n°3-4. p. 191-202.
- PAGES J., CITEAU J. Rainfall and Salinity of a sahelian estuary between 1927 and 1987. 1990. *Journal of Hydrology*. vol. 113. p. 325-341.
- PAHARI K., MURAI S. Modelling prediction of global deforestation based on the growth of human population. 1999. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*. vol. 54 p. 317-324.
- PAN S., SU Z. The terrain variation on the coastal band and the updating of its chart. 2003. *Journal of Institute of Surveying and Mapping*. vol. 20. n°3. p. 194-197.
- PELISSIER P. Les Paysans du Sénégal : les civilisations agraires du Cayor à la Casamance. 1966. St Yrieix, Fabrègue. 297 p.
- PELISSIER P. Réflexions sur l'occupation des littoraux ouest-africains. 1989. In : *Pauvreté et développement dans les pays tropicaux, hommage à Guy Lasserre*. Bordeaux, Singaravelou.
- PELISSIER P. Les Diola, étude sur l'habitat des riziculteurs de Basse-Casamance. 1961. *Africa: Journal of the International African Institute* vol. 31 n°3. 29 p.
- PHILIPPON N., FOTNAINE B. Un nouveau schéma de prévision statistique des précipitations sahéliennes de juillet-septembre (1968-1994). 1999. *Comptes rendus de l'académie des sciences, Sciences de la terre et des planètes*. vol. 329. p. 1-6.
- PNUD. Vaincre la pauvreté, rapport du PNDU sur la pauvreté 2000. 2000. New York : PNUD. 144p.
- POUPON H. Evolution d'un peuplement d'*Acacia senegal* (L.) Willd dans une savane sahélienne au Sénégal de 1972 à 1976. 1977. *Cahiers de l'O.R.S.T.O.M. (Série Biol)*. vol. 12. n°4. p. 283-291.
- POUPON H. Influence de la sécheresse de l'année 1972-1973 sur la végétation d'une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal. 1976. Actes du colloque : *La désertification au Sud du Sahara*. Nouakchott, 1973. p. 96-202.
- POURTIER R. (2001). *Afriques noires*. Paris, Hachette (Coll. Carré Géographie). 256 p.

RABARIMANANA M.H., RAHARISON L.J.R., CHOROWICZ J. Cartographie des lavaka par télédétection : analyse des facteurs et gestion des espaces ruraux à Madagascar. *Télédétection*. vol. 3 n°2-4 p. 105-130.

RICHARD J.-F. (éd.). La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest. Dakar : Université Cheikh Anta Diop. 313 p.

RINDFUSS R. R., STEPHEN J., WALSH B. L., TURNER I. I., FOX J., MISHRA V. Developing a Science of Land Change: Challenges and Methodological Issues. 2004. *Proceedings, National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 101 n°39 p. 13976-13981.

RISS M.-D. Femmes africaines en milieu rural : les sénégalaises du Sine-Saloum. 1989. Paris : L'Harmattan. 218p.

ROGER A. Court traité du Paysage. 1997. Paris : NRF – Gallimard. 199p.

ROMANE F. Application à la phytoécologie de quelques méthodes d'analyse multivariée. Discussion sur des exemples pris dans les Basses Cévennes et les garrigues occidentales. 1972. Thèse de docteur ingénieur, Faculté des sciences Université de Montpellier, Montpellier. 124 p.

ROSSI G. L'ingérence écologique. 2000. Paris : C.N.R.S. éditions (Espaces et Milieux). 248 p.

ROUX M., ROUX G. A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie. 1967. *Revue de statistiques appliquées*. vol.15. p. 59-72.

ROZELIER M. Il faut sauver la mangrove de Guinée. *Géo*. 2003. vol. 296. p. 128-141.

SA M. La planification côtière en Guinée-Bissau. In : *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud (du Sénégal à la Sierra Leone)*. 1994. éd. par M.-C. Cormier-Salem. Paris : O.R.S.T.O.M. (Colloques et Séminaires). p. 189-194.

SADIO S. Pédogenèse et potentialités forestières des sols sulfatés acides salés des tannes du Sine Saloum. 1991. Bondy, O.R.S.T.O.M. 269 p.

SALOVAARA K. J., THESSLER S., MALIK R. N., TUOMITSO H. Classification of Amazonian primary rain forest vegetation using Landsat ETM+ satellite imagery. 2005. *Remote Sensing of Environment*. vol. 97. p. 39-51.

SANDERS L. L'analyse statistique des données en Géographie. 1990. Montpellier : RECLUS. 267 p

SCANLON T. M., ALBERTSON J. D., CAYLOR K. K., WILLIAMS C. A. Determining Land surface fractional cover from NDVI and rainfall time series for a savanna ecosystem. 2002. *Remote Sensing of Environment*. vol. 82. p. 376-388.

SCHIRMER H. Le Sahara. 1893. Paris : Hachette. 444 p.

SCHNELL R. le problème des homologues phytogéographiques entre l'Afrique et l'Amérique tropicale. 1961. *Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle*. vol. B. n°2. p. 137-241.

- SERVAT, E., PATUREL, J.-E., LUBES-NIEL, H., KOUAME, B. MASSON, J.-M. Variabilité des régimes pluviométriques en Afrique de l'ouest et centrale non sahélienne. 1997. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. vol. 324 n°10. p. 835-838.
- SIDDIQUI M.N., JAMIL Z., AFSAR J. Monitoring changes in riverine forests of Sindh-Pakistan using remote sensing and GIS techniques. 2004. *Advances in Space Reserches*. vol. 33. p. 333-337.
- SIDIBE M. Migrants de l'arachide, la conquête de la forêt classée de Pata Casamance Sénégal. 2005. Paris : I.R.D. éditions. 301 p.
- SIERRA R. Dynamics and patterns of deforestation in the western Amazone : The Napo deforestation front, 1986 : 1996. 2000. *Applied Geography* vol. 20. p. 1-16.
- SILLANS R. Les savanes d'Afrique Centrale. 1958. Paris : Encyclopedie biologique. 423 p.
- SILVIERO W., JAQUET J.M., Glacial cover mapping (1987-1996) of the Cordillera Blanca (Peru) using satellite imagery. 2005. *Remote Sensing of Environment*, vol. 95. n°3. p. 342-357.
- SOUTHWORTH J., NAGENDRA H., CARLSON L. A., TUCKER C., Assessing the impact of Celaque Nationale Park on forest fragmentation in western Honduras. 2004. *Applied Geography*. vol. 24. p. 303-322.
- SOW M., DIALLO A., DIALLO N., DIXON C.A., GUISSSE A. Formations végétales et sols dans les mangroves des Rivières du Sud. 1994. In : *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud (du Sénégal à la Sierra Leone)*. éd. par M.-C. Cormier-Salem. Paris : O.R.S.T.O.M. (Colloques et Séminaires). p. 51-59.
- SULTAN B. Etude de la mise en place de la mousson en Afrique de l'Ouest et de la variabilité intra-saisonnière de la convection. Applications à la sensibilité des rendements agricoles. 2002. Thèse de doctorat, Département de Géographie, Université de Paris VII-Denis Diderot, Paris. 283 p.
- SULTAN B., BARON C., DINGKUHN M., SARR B., JANICOT S. Agricultural impacts of large-scale variability of the West African monsoon. 2005. *Agricultural and forest meteorology*. vol. 128. p. 93-110.
- SUREMAIN, M.-A. (2001). L'Afrique en revues : le discours Africaniste français des sciences coloniales aux sciences sociales. Thèse de doctorat, UFR GHSS, Université Paris7-Denis Diderot, Paris. 601 p.
- TAPPAN G.G., SALL M., WOOD E.C., CUSHING M. Ecoregion and land cover trends in Senegal. 2004. *Journal of Arid Environments*. vol. 59. p. 427-462.
- TENG S. P., CHIANG J. L. CHAN Y. K. CHENG K. S. Hypothesis-test-based landcover change detection using multitemporal satellite images. 2007. *Advances in Space Research*. vol. 41. p. 1744-1754.
- TOMLINSON P. B. The Botany of Mangroves. 1986. Cambridge : Tropical Biology series. 405p.
- TORQUEBIAU, E. F. A renewed perspective on agroforestry concepts and classification. 2000. *Comptes rendus de l'Académie des sciences* vol. 323 n°11. p. 1009-1017.



TROCHAIN J. Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. 1940. Paris : Librairie Larose. 433 p.

VASCONCELOS M. J. P., MUSSÀ BIAI J. C., ARAÚJO A., DINIZ M. A. Land cover change in two protected areas of Guinea-Bissau (1956 - 1998). 2002. *Applied Geography* vol. 22. p. 139-156.

VASSAL J. Les acacias au Sénégal : taxonomie, écologie, principaux intérêts. 1998. In : actes du colloque *L'acacia au Sénégal*. Dakar : O.R.S.T.O.M. (Colloques et séminaires). p. 15-33.

VIDY G. Estuarine and mangrove systems and the nursery concept: which is which? : The case of the Sine Saloum system (Senegal). 2000. *Wetlands Ecology and Management*. vol. 8. p. 37-51

VIEILLEFON J. Les sols des mangroves et des tannes de Basse Casamance (Sénégal). 1977. Paris, O.R.S.T.O.M. (Mémoires et Thèses) 298 p.

VIU-YEPP K. Dynamique des formations végétales dans le Sud du Delta du Saloum, Sénégal, pratiques des populations locales et impacts sur les dynamiques des paysages agricoles et forestiers (savane et mangrove) sur le site ateliers des îles Betenti. 2006. mémoire, département géographie, Paris7-Denis Diderot, Paris. 96 p.

WHITE F. La végétation de l'Afrique (mémoire accompagnant la carte de la végétation) Paris : UNESCO- AETFAT-UNSO (collection Recherches sur les ressources naturelles) n° 20, 384p.

WIEBER J.-C. Le paysage, objet géographique obscur ou trop évident ? 2002. In : actes du colloque *Géo-événement* Besançon, 2002. p. 35-42.

WIGGINS S. Interpreting Changes from the 1970s to the 1990s in African Agriculture Through Village Studies. 2000. *World Development*. vol. 28. n° 4. p. 631-662.

WOOD E. C., TAPPAN G.G., HADJ A. Understanding the drivers of agricultural land use change in south central Senegal. 2004. *Journal of Arid Environments*. vol. 59. p. 565-582.

WOOMER P.L., TIEZEN L.L., TAPPAN G., TOURE A., SALL M. Land use change and terrestrial carbon stocks in Senegal. 2004. *Journal of arid environments*. vol. 59 p. 625-642

WRIGHT D. R. The World and a Very Small Place in Africa. A history of globalization in Niumi, The Gambia. 2004. New York : M. E. Sharpe, Armonk. 351 p.